辽宁科协资助
LIAONINGKEXIEZIZHU

看星星

辨方向 算时间

江厚 编著



辽宁科学技术出版社
LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

看星星 辨方向 算时间

ISBN 978-7-5381-7572-1

定价：11.00元

看星星 辨方向 算时间

江厚 编著

辽宁科学技术出版社
沈 阳

图书在版编目（CIP）数据

看星星 辨方向 算时间／江厚编著. —沈阳：辽宁科学技术出版社，2012.7

ISBN 978-7-5381-7572-1

Ⅰ. ①看… Ⅱ. ①江… Ⅲ. ①天文学—青年读物 Ⅳ. ①P1-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第144948号

出版发行：辽宁科学技术出版社
（地址：沈阳市和平区十一纬路29号 邮编：110003）
印 刷 者：沈阳新华印刷厂
经 销 者：各地新华书店
幅面尺寸：140 mm×203 mm
印　　张：4.5
字　　数：110千字
印　　数：1~3000
出版时间：2012年7月第1版
印刷时间：2012年7月第1次印刷
责任编辑：李伟民　郑　红
特邀编辑：王奉安
封面设计：嵘　嵘
责任校对：栗　勇

书　　号：ISBN 978-7-5381-7572-1
定　　价：11.00元

联系电话：024-23284360
邮购热线：024-23284502
http: //www.lnkj.com.cn

目　录

开头的话

太阳落山，群星闪烁。仰望夜空，那一颗颗明亮的星星好像钉在漆黑的夜幕上。

勤于思索，勤于探讨问题是人类固有的天性和习惯。大概从童年起就是这样的。面对夜空，头脑里总是有许多问题，向父母，向身边的好朋友提了出来，甚至刨根问底，弄个究竟。

夜幕黑漆漆的，你能判断方向和时间吗？你外出旅行，走在密密麻麻的大森林里，走在高楼林立、壁垒层层的大城市里，走在无边无际的戈壁沙漠中，漂泊在水天一色的茫茫海洋上，走在远离家乡、远离城市、杳无人烟的山区旷野里，能够辨别方向和时间吗？一连串的问题需要我们解答。其实，当你迷了路，利用粗大的树木，看看古老的庙宇和古老的民居是可以大致辨别方向的，也还可以利用你手中的手表。不过，利用天空上的日月星辰来判断方向和时间才是准确的。你看：西南方天空，那半个明晃晃的月亮，正在向我们微笑，挂在头顶的那颗璀璨的织女星，明亮的牵牛星，闪烁在北方夜空的北极星，西南方低空又亮又红的大火（心宿二）以及以大火为蝎子头弯曲排列成像一只大蝎子的天蝎座，正在向我们眨眼。它们高悬着、照耀着、闪烁着，陪伴着我们，都好像在向我们述说着什么。

方向，时间；时间，方向。这是我们日常生活、旅游、工作中经常碰到的问题，尽管有许多人都不在意。利用指北针，当然可以辨别方向。但是，走到磁铁矿区、磁场异常区，或者太阳活动强烈时地磁场受到强烈干扰，指北针就不灵了，会发生持久而剧烈的震颤，抖动不停，就不能正确指示方向了。依靠钟表当然可以掌握准确时间，但是，身边若无钟表，或钟表

出了毛病，该怎么办呢。

事实上，人类远古的祖先为了狩猎、游牧、农耕、航海、迁徙以及征伐、战争等军事活动的需要，早就学会了观察日月星辰的运行，来确定时辰、辨别方向了。而且在这方面，中国有许多独特的创造，至今仍流传于世界。

为了观察日月星辰，判定方向和时间，首先需要掌握一些预备知识，比如关于地球和天球，关于方向和时间的知识。接着再进一步谈谈怎样利用太阳、月亮、恒星、行星来判断方向和时间的问题。

一、地球和天球

我们知道，人们赖以生存的地球是近似圆球状的。为了辨别时间、方向和自己所处的位置，我国自古以来就有“日出而作，日入而息”、“鸡鸣三更”、“黎明即起，黄昏掌灯”、“日头当顶歇晌，日头落山收工”、“日出于东而没于西”、“日中为南”、“夕阳西下，皓月东升”、“斗柄朝东，天下皆春；斗柄朝南，天下皆夏；斗柄朝西，天下皆秋；斗柄朝北，天下皆冬”……的说法。这仅仅是粗略的估计。若比较准确地判断方向和时间，还是要有科学的方法。

为了能够准确地掌握利用日月星辰判断方向和时间的方法，应当首先掌握地球上一些主要的点、线和圈。

1. 地球上的点、线、圈

地理事物、地理信息所在的位置往往用地理坐标来表示。这就是平常说的用经度、纬度表示地面某一点位置。地理坐标的实质就是表示某一点对于地球表面特定的点或线的方向和距离。为此首先要知道地球上一些重要的点、线、圈。

人们知道，地球是一个两极稍扁、赤道略鼓的不规则的旋转椭球体。为了简化，一般都假定它是一个标准的绕轴自转的正球体。

地球是绕轴自转不息的，这个轴就叫地轴。地轴同地表面相交的两点就是地球的两极：北极（N）、南极（S）。在北极点上四周皆为南，在南极点上四周皆为北。在极点上不分东、西。平分地轴的中心点就是地心（O）。通过地心且垂直于地轴的平面叫赤道面。赤道面与地球表面相交的大圆圈叫赤道。赤道把地球分为北半球和南半球。中国在北半球。

如果把地球仪沿地轴切开，可以看到，这个通过地轴的平面和地球表面相交成一个大圆，这个大圆就是经线圈。一切经线圈都通过地球两极。每一个经线圈都被南北两极等分成2个180°的半圆。这样的半圆就叫经线，也叫子午线。各条经线都是等长的半圆形，其长度约为20 037.5 km。所有经线都交汇于南北两极。各条经线都不平行。2条相对的经线构成一个大圆，就是前面说的经线圈。任何一条经线都代表地球上真正的南北方向，北极是正北方向，南极是正南方向。与经线垂直的方向就是东西方向（图1）。应当记住，在同一条经线上，纬度相差1°的水平距离约为111.3 km。

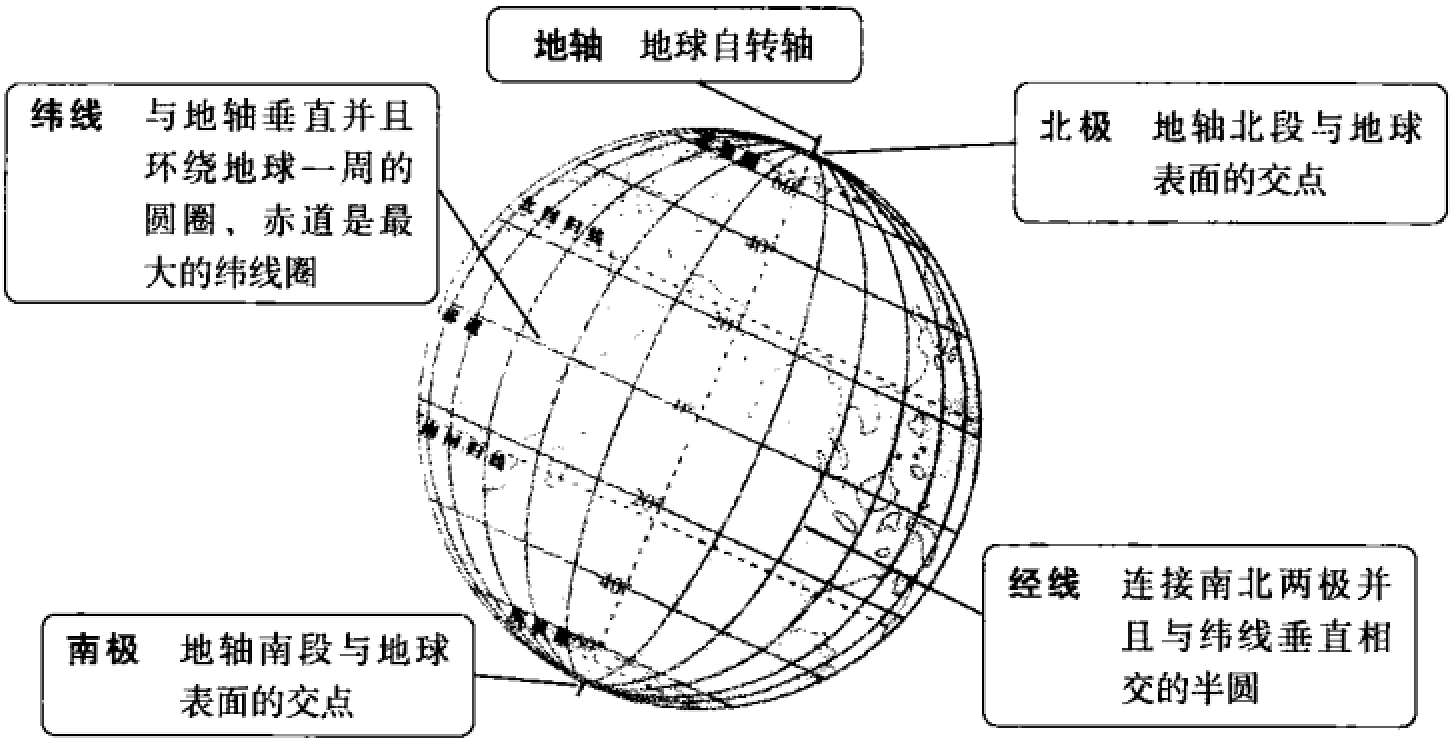


图1　地球上的经纬线

真实的地球表面上是没有经线和经线圈的，只是人们为了方便在地球仪上设定的。因为可把地球看作是圆球状，为度量方便起见，1884年，在华盛顿举行的国际子午线会议上决定，采用英国伦敦格林尼治天文台原址埃里中星仪所在的子午线作为时间和经度计量的标准参考子午线，把这条子午线定为0°经线，称之为本初子午线，或叫零子午线。图2中，如果G是英国伦敦，那么$PGAP'$就是本初子午线。

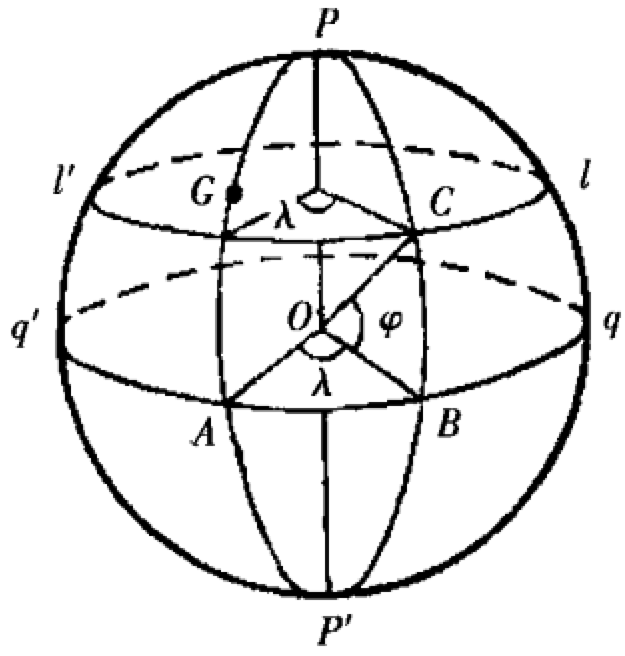


图2 地球上的基本点、线、圈

从本初子午线开始，向东划分0～180°，为东经度；向西划分0～180°，为西经度。如果你站在0°经线上，面向赤道方向，那么0°经线左边就是东，右边就是西，向东、向西各180°，合起来正好是360°的圆圈。向东称东经（E），向西称西经（W）。在0°和180°经线上不称东经或西经，不必标明E和W。本来通过0°和180°经线可以将地球等分为东西两半球。为了考虑一些国家的整体性而把东西半球的实际分界线定在西经20°和东经160°的海洋上。中国在东半球。

那么，什么是经度呢？对于经度的严格定义可以是这样，“地球上某点（C）的经度是该点所在的经线平面与本初子午线所在平面（即本初子午面$PGAP'OP$）之间的夹角λ”。可见，经度是由一个二面角定出来的。沿东、西方向离开本初子午面的夹角越大，经度值就越大，反之越小。如，乌鲁木齐是87°37′E，沈阳是123°26′E，旧金山是122°26′W，纽约是74°0′W，等。

地球上与地轴相垂直的平面在地球表面相交所成的圆，就是纬线。所有纬线都是相互平行的，都指向东西方向，而且自成圆圈，称做纬线圈。赤道（$qBAq'q$）是最大的纬线圈。由赤道向南向北，纬线圈的半径逐渐缩小，因此，越向两极纬线圈越小，到两极缩成一个点。在纬度为φ的纬线上，每一个经度

的纬线长度约为111.3·cosφkm。赤道是通过球心垂直于地轴的平面和地球表面相交的大圆圈。赤道全长约40 075 km，是地球上最长的纬线圈。它把所有的经线等分为2段，即这个大圆圈位于每条经线的中间位置，于是把赤道作为纬度的起算点，赤道就是零度纬线。它在地理坐标中起着横轴的作用。

关于纬度，可以这样来定义：地球上某一地点的纬度就是该点的铅垂线与赤道平面之间在地心的夹角φ。这个夹角越大，纬度就越高。比如新加坡1°10′N，广州23°07′N，哈尔滨45°45′N。赤道上的纬度为0°，由赤道向两极各分为90°。赤道以北称北纬（N），赤道以南称南纬（S），南纬有时用负号表示，比如悉尼在-33°53′S。北纬90°就是北极，南纬90°就是南极。在两极点上只有纬度（90°N和90°S），没有经度，就是说在那里分不出东和西。

习惯上，将纬度0～30°地区叫低纬，30～60°叫中纬，60～90°叫高纬。中国大部分陆地在中纬度，小部分在低纬度。中国南海区域都属于低纬度。

由经线和纬线交织组成的网格就是经纬网。有了经纬网，就可进行空间定位，确定地球表面上任一地点的经纬度位置；给出了经度、纬度也可查出该处的地名和地理事物。经度和纬度都用度（°）、分（′）、秒（″）表示。例如，北京（39°57′N，116°19′E）；沈阳（41°46′N，123°26′E）。注意，标准写法是在括号内，先写纬度，后写经度，括号前冠以该地地名。阅读地图时要注意，有些地图上没有经纬网，而是用箭头表示北方，其相反方向就是南方，与其垂直方向就是东方和西方。

有了经纬网，可以判断方向：东经度增大的方向为东，反之为西；西经度增大的方向为西，反之为东。北纬度增大的方向为北，反之为南；南纬度增大的方向为南，反之为北。利用经纬网，还可以判断地区范围的大小、进行区时和地方时的计算、判断晨昏线位置。经纬网在国防、航海、航天航空、国土规划与开

发、工程建筑施工以及其他各项事业上，都具有重要意义。

地球上的点、线、圈还比较容易理解，因为可以把它们标绘在地球仪和地图上。可是，现在要利用天空中的日月星辰判断方向和时间，就不能不假想天上也存在一个类似地球的大球，也像地球仪上一样有点、线、圈。

2. 天球上的点、线、圈

夏季，一个星月皎洁的夜晚，如果来到一片旷野，特地来看星星。面向北方可以看到北斗七星，转向南方又可看到牛郎星和织女星，一出出神话故事将浮现在眼前。

古人说，“天圆地方”。南北朝时的《敕勒歌》中不是有一句“天似穹庐，笼盖四野”吗？天像圆形的蒙古包，中间隆起，四面下垂，像个笼子盖住地上四方。如果你用手指在夜空中四周一划，可真有点像呢！那些闪烁的星星和明亮的月亮都漂浮在这座巨大的穹庐顶上。大约一个小时，你会发现天上的星星和月亮移动了位置，北斗斗柄原来朝东南，现在接近朝南了，织女星也偏西了。利用它们的位置及其变化可以较准确地判断出方向和时间来。

天像蒙古包的顶，仅仅是个想象，也是古代人、草原人对天空的朴素的认识。今天，我们仍然可以想象天空像个篮球的球皮，地球是篮球的球心，那么篮球的球皮所包围的天空部分就可看做是天球了。事实上正是这样，科学家们为简化研究星星的位置，就假想了一个类似地球的天球。地球的球心也是天球的球心。人们在这个天球内的地球上任何一个地方，总是看到天顶最高；平视四野，总是看到天地相连，好像一个巨大的球形天空笼罩住地球。太阳、月亮和其他天体（恒星、行星……）都镶嵌在它的内表面上，而观测者本身总觉得是处于它的中心。这个巨大的以地球为中心的球形天空，就叫做“天球”。

就是说，为了便于对天体位置和运动状况进行研究，人们

假想了一个以观测者为中心，无限大为半径的，内表面分布着各种各样天体的球面叫天球。实际上我们看到的天体是在这个巨大圆球的球面上的投影位置。可见，天球是为了研究天体的位置和运动而引进的假想圆球。在天文学上，根据所选取的天球中心不同，可分为站心天球、地心天球、日心天球，各个天体日月星辰好像都分布在这个球面上，它们同地球上的观测者的距离都不相同。实际上，我们在观测日、月、星辰时一般是采用“站心天球”这个概念的。即以观测地点为中心，观测所能见到的天象。这时由于天体和观察者间的距离与观测者随地球在空间移动的距离相比要大得多，人的肉眼分辨不出天体的远近，所以看上去天体似乎都离我们一样远，仿佛散布在以观测者为中心的一个圆球的球面上。

我们也常常用到“地心天球”的概念，它是指以地心为球心的天球，通常所说的天球均为地心天球。由于位于地表面的观察者到地心的距离远远小于观察者到某颗恒星的距离，所以有时需要把站心天球和地心天球等同看待，统一于地心天球。

以下就依地心天球进行表述。为了说明某个天体的位置和运动状况，也是人为地规定了天球上的点、线、圈（图3）。天球是巨大的球，其半径无限远，直指宇宙深处。将地球的地轴无限延长就是天轴。

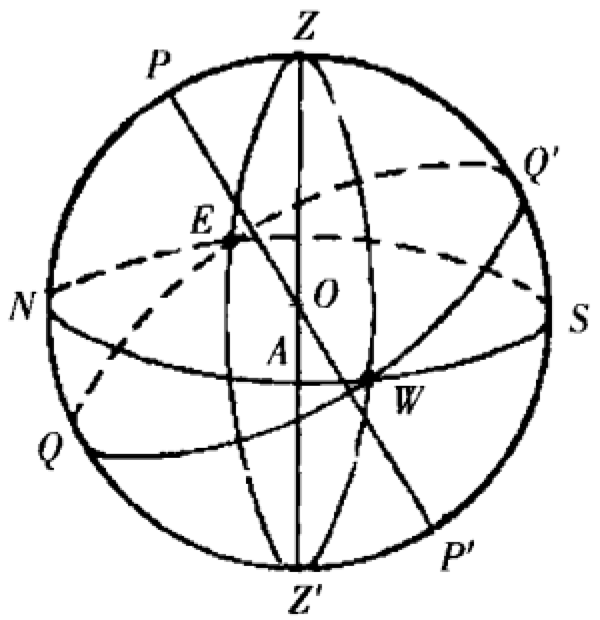


图3 天球上的基本点、线、圈

天轴与天球相交于两点，在北极上空的叫天北极（P）；在南极上空的叫天南极（P'）。地球赤道无限扩展与天球相交的大圆圈，就叫天赤道（QQ'）。天北极、天南极、天赤道是天球上固定的基本点和圈。从观测者A点（假定观测者A就在地心天球的中心，即地心O，A、O合而为一）作垂直线，向上延伸与天球相交的点，叫天顶（Z）；向下延伸与天球相交的点，叫天底（Z'）。连接天球两极和观测者的天顶、天底的大圆圈，也叫子午圈（$PZP'Z'P$），是天球上的经圈。因为以天赤道为基本圈，有个“赤”字，因此这个子午圈也加个“赤”字，叫赤经圈。时间的迟早与它有关，所以也叫时圈。它是通过天北极、天南极且与天赤道垂直的大圆圈。

人们又规定：取春分点（Y）（它在天赤道上，是太阳从南纬向北纬运动的路径与天赤道的交点，即升交点）所在的赤经圈PYP'为主圈，Y为原点（图4）。

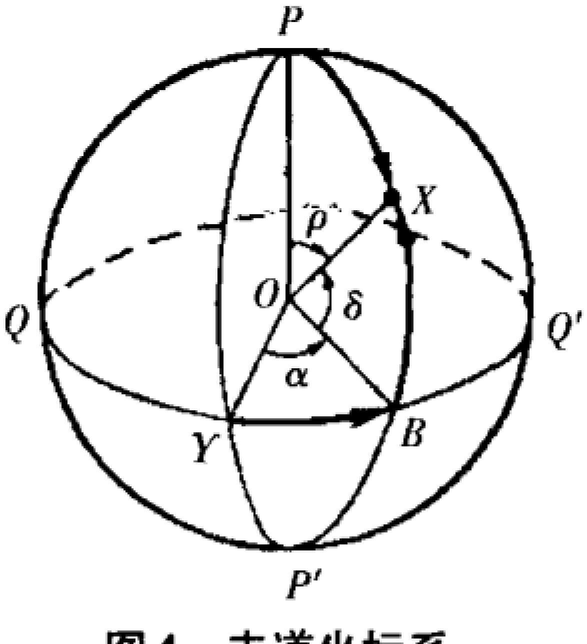


图4　赤道坐标系

某天体X所在的赤经圈平面与Y所在赤经圈（即赤经0°）平面之间的夹角，就是天体X的赤经（α）。所以赤经就是通过天球上的两极和某一天体的大圆在天赤道上相交的点与春分点之间的角距离。以春分点为赤经0°，从春分点开始沿着天赤道（在北半球看）按逆时针方向向东度量，其角度仍用0～360°表示。也可用时角表示法，即用时、分、秒表示。赤经0°为0

时。一周360°，赤经为24时。赤经120°即8时。如织女星的赤经279°，用时角表示就是18时36分。同一时圈上的天体都有相同的赤经（时角）。

某天体X与天赤道之间的角度就是该天体X的赤纬（δ）。赤纬的度量从天赤道起算，向北至天北极为0～+90°，向南至天南极为0～−90°。有了赤经、赤纬的度量方法，那么任一天体（日、月、星辰）在天球上的位置就可以标定了；反之，给出了某一组赤经、赤纬值，就可以找出某天体在天空中的位置。

地球自转自西向东，人们看到恒星在天球上的视运动是自东向西。在地球上的人看来，由于天球每天自东向西旋转一周，天球上的恒星也围绕地球自东向西旋转一周。把恒星在天球上旋转一周（360°）的时间，作为1个恒星日（23 h 56 min 4.1 s），是地球真正的自转周期。与1 d 24 h相差3 min 55.9 s。由此可粗略地认为恒星在天球上1 h自东向西运行的角速度为15°，每4 min1°，每1 min15′，每4 s1′，每1 s15″。记住这些简单的数字和概念对于将来计算方向和时刻是十分有用的。

北半球的人，夜间可以看到，星空的星辰围绕天北极逆时针做周日运动；南半球的人看到，星空的星辰围绕天南极顺时针做周日运动，这表示恒星星空每日绕轴旋转一周，带动所有天体每天呈现出东升西落的运动。这都是地球自西向东自转一周的反映。

恒星不恒。在茫茫宇宙中，恒星的移动是很快的。比如北斗七星现在是勺形，10万a前是烙铁形，10万a后是撮子把上折钩的铁撮子形。仅仅是因为恒星距我们非常遥远，在人们相邻几代的有生之年甚至几个世纪之间看来是相对静止而已。恒星在恒星际的相对位置稳定，就为我们利用它们在天球上的周日运动来判断方向和时间提供了方便。

专家们早已把恒星的赤经（α）、赤纬（δ）测算出来了，载入星表或天文年历，供人们使用。注意的是，由于恒星的运

动，它们在天球上的赤经、赤纬位置也有微小的变化，查看星表或天文年历时一定要看一下是哪一年的，最好使用最新测定的。

“二分”、“二至”和“四立”在天文学中有重要意义，它们是太阳回归运行和确立四季的标准时刻，应该知道它们在星空中的位置。就是说应当记住太阳经过“二分”、“二至”、“四立”点的时间及表示其位置的赤经$\alpha_{\odot}$、赤纬$\delta_{\odot}$值，如表1。

表1 二分、二至、四立的赤经赤纬

日 期	赤 经$\alpha_{\odot}$	赤 纬$\delta_{\odot}$
3月21日，春分	0°或 0时	0°
5月 5日，立夏	45°或 3时	+16°22′
6月22日，夏至	90°或 6时	+23°26′
8月 8日，立秋	135°或 9时	+16°18′
9月23日，秋分	180°或12时	0°
11月 7日，立冬	225°或15时	−16°24′
12月22日，冬至	270°或18时	−23°26′
2月 4日，立春	315°或21时	−16°23′

如果不求精确，可以认为：太阳的赤经每月变化约30°或时角2 h，每日变化约1°或时角4 min。

在天球上，尤其春分点的位置非常重要。为了学习天文知识，要经常看星空，把天球和实际星空对应起来，记住天空中那些重要的点、线、圈的位置是必要的。比如春分点、秋分点、夏至点、冬至点、天赤道、黄道、天北极的位置等。

掌握天球的概念对今后的应用十分有益。这是学习天文学的入门，犹如学习地理必须掌握地球上的经纬度一样重要。

宇宙间有那么多的奥妙，这仅仅是个开头。应当下定决心努力学下去，直至独立地熟练地掌握利用日、月、星辰判断方向和时刻的具体方法。

二、方向和方位角，时间和时刻

方向和时间是最普通的问题，但是许多人搞不清方向弄不清时间，错过机会，因此而贻误了办某种事情的时机，遗憾百年是常有的。方向、时间看似小问题，里面却有大学问。我们这一讲就专门讲讲这个问题。

1. 方向和方位

绝大多数人都知道东西南北四个方向，可是到了一个新地方，尤其是到了一个新城市，眼花缭乱，走转了向，不知道哪边是南哪边是北的，大有人在。如果在漆黑的夜里能辨别方向吗？站在旷野的一个高山之上密林之中，站在四周高楼耸立钢筋水泥的壁垒中，能辨别方向吗？

夜晚，面对北极星，那就是面对北方，相反方向就是南方；右手方向是东方，左手方向是西方。看来，这是由北极星作参照物，作为北的标准而判断出来的。如果看不见北极星的夜间呢？如果是在艳阳高照的白天呢？或者白天又有浓密的云层遮住了太阳，或者细雨连绵的雨天呢？情况并不像想象的那么简单。

古代，把日出的地方叫东，日落的地方叫西，所以有“日出于东而没于西”的说法。有了东、西，当然就有“日中为南”了。人们把白天太阳的升落作为标准，而定出东南西北，这是古代人们对方向最粗浅的认识，最朴素的判断。“日中为南”是说太阳在上中天，即通过北极和天顶连线的延长线方向是南方。这时也就是太阳通过当地经线（子午线）的时刻，是一天中太阳离地面的角度最高的时刻，此时刻面向太阳的方向就是南方。这时太阳正处于日出、日没的中间位置，因为我国

大部分地区在北回归线以北，所以“日中为南”是正确的。

地球在不断地绕地轴自转着，怎么才能定出东和西呢？在北半球上的人看来，地球自转是逆时针方向的，所以真正的东方应当是地球自转的方向，真正的西方应当是地球自转的相反方向；在南半球则相反，地球自转是顺时针方向旋转的，其旋转方向是东方，其相反方向是西方。如此说来，真正的南北方向应当说是和地球自转方向相垂直的方向。代表正北的一点就是地球的北极，代表正南的一点就是地球的南极。

地球上的经线方向就是南北方向，也叫子午线方向；纬线方向就是东西方向。地球自转是从西向东的，日、月、星辰在天空中的视运动是自东向西的，正好与经线方向垂直，即沿纬线向西运动的。当然，这在春分、秋分时观察才是正确的。

如果从我们家乡出发一直沿着通过家乡的一条纬线向东走下去，尽管跨过高山涉过大洋，最终又回到了家乡。对呀！这就是方向没有改变呀！若是向西走也会回到出发地的。因为地球上的纬线是圆形的，不改变行走方向就会回到原地。还可以绕好多圈，一直绕下去，可见东西方向是无限的。

若是从家乡沿着经线一直往北走，又将如何呢？到了北极点，如不改变方向，就不可能回到原地，因为在北极点上四面都是南方。若是从家乡沿着经线一直往南走，到达南极点，同样，如不改变方向，就不可能回到原地，因为在南极点上四面都是北方。由此可见，南北方向是有限的。我们还可以进一步发现，如果不考虑地球自转对飞机飞行的影响，两个人从同一条纬线上甲乙两地分别乘坐同样的飞机，飞行高度、速度也相同，同时向北飞行，一定会在北极点上空相遇。在地球上向北就是朝向北极，向南就是朝向南极。

由于经线和纬线互相垂直，可知，东西和南北是互相垂直的方向。由北到东、由东到南、由南到西、由西到北，均成直角，用度数表示都是90°。东西相距180°，南北相距180°。在

方位测量上以北与南为基本方位，在北与东之间加入北东(NE)，东与南之间加入南东（SE），南与西之间加入南西(SW)，西与北之间加入北西（NW），它们与相邻的主要方位的夹角都是45°。这样就有了8个方位，这就是所谓的“四面八方”。

为了某种需要，比如气象观测考虑风向时，采用16个方位：在北与北东之间加入北北东（NNE），在北东与东之间加入北东东（NEE），依此类推就有了NNE，NEE，SEE，SSE，SSW，SWW，NWW，NNW等8个方位。加上前边说的8个方位，即为16个方位。在16个方位中，相邻两个方位间的夹角为22.5°。

按等分角度法表示方向，不能表示任意角度的方向。为了精确地表示方位，以南北为基本方位，用度数表示。如距南方11°03′且距西方78°57′的方位，称作南偏西11°03′。距北方22°30′且距西方67°30′的方位，就是北偏西22°30′，也就是北北西。

平常使用16个方位已经够用了。但是，在航海、航空、军事等需要精确方位的场合，需要32个方位才能保证任务的实施。32方位又叫罗盘方位，其邻近方位相差11.25°。

还有一种方法表示方向，就是用方位角表示。它是在平面上量度物体之间的角度差的方法之一，是从某点的指北方向线算起，依顺时针方向到目标方向线之间的水平夹角，沿顺时针方向计算度数，即从标准方向的正北为起算方向，顺时针方向到目标直线的水平角称为该直线的方位角。方位角的取值范围为0~360°。正北为0°，正东为90°，正南为180°，正西为270°，南南东为157°30′等。用方位角可以表示距北方任一角度的方向，比如方位角166°08′27″，就是南偏东13°51′33″。在判断天体移动的位置时，常常使用角度和方位角来表示它出现的方位。

在天文学中，方位角也称地平经度，是一种两面角，是以

子午圈（由北天极通过天顶向南的经圈）所在的平面与通过天体所在的经圈平面的夹角，以子午圈所在的平面为起始面，按顺时针方向度量。方位角的度量亦可在地平圈上进行，以南点为起算点，由南点开始按顺时针方向计量。方位角的大小变化范围为0～360°，南点为0°，西点为90°，北点为180°，东点为270°。某颗星的方位角为283°27′表示它距离南方76°33′，即南偏东76°33′。这是以南方为起算方向的。

值得注意的是，由于每一个观测点都有真北、磁北和坐标纵线北三种不同的指北方向线，因此，从某观测点到某一目标，就有3种不同的方位角，这又是怎么回事呢？

（1）真方位角。某观测点指向北极的方向线叫真北方向线，也叫真子午线，也就是通过当地的经线。从该点的真北方向起算，依顺时针方向到目标方向线间的水平夹角，叫该点的真方位角。通常在精密测量中使用。在我们观测天象时使用，以便测定某颗恒星的方位及其表示的时间。

（2）磁方位角。地球是一个大磁体，地球的磁极位置是不断变化的，某观测点指向磁北极的方向线叫磁北方向线，也叫磁子午线。在地图上的磁南极、磁北极两点间的直线，为该图的磁子午线。从某观测点的磁北方向线起，依顺时针方向到目标方向线间的水平夹角，叫该观测点的磁方位角。罗盘、指北针是指向磁北极的，与真正的北方一般说来都有一个偏角，叫磁偏角。它是逐年变化着的，应用时要采用最新的资料，可以互算。野外使用指北针时所指示的是磁北。

（3）坐标方位角。从某观测点的坐标纵线的北方起算，依顺时针方向到目标方向线间的水平夹角，叫该观测点的坐标方位角。通常应用于测量和建筑施工。

方位角在航空、航海、炮兵射击、行军、测绘、地质、地球物理勘探、卫星定位、工程建筑、国土规划、野外观测等等方面，都有广泛应用。

不同的方位角之间有一定的公式可以相互换算。

有时用到太阳方位角的概念。太阳方位角即太阳所在的方位，指太阳光线在地平面上的投影与当地子午线的夹角，可近似地看做是竖立在水平地面上的直线在阳光下的阴影与正南方的夹角。这种方位角以正南方向为0，向西逐渐变大，向东逐渐变小，直到在正北方合在±180°。

若以北方为标准作为起始方向，太阳方位角则是按顺时针方向测量角度。对于中国大部分地区，早上太阳光从东边射来，中午太阳光从南边射来，傍晚太阳光从西边射来，因此：早上的太阳方位角在90°左右，中午的太阳方位角在180°左右，傍晚的太阳方位角在270°左右。

2. 时间和时刻

前面我们已经知道了什么是方向和方位角，而且知道了怎样区分方向和计算方位角。那么，什么是时间，什么是时刻，有什么区别呢？这两个概念也要弄清楚。

要了解这个问题，还要听一听古今人士对“时间”这个捉摸不透的东西是怎样说的。

古人说：“一寸光阴一寸金，寸金难买寸光阴。”许多有志之士都非常珍惜时间，充分利用时间。晋代文学家陶渊明说：“盛年不再来，一日难再晨，及时当勉励，岁月不待人。”唐代文学家韩愈说：“少年易老学难成，一寸光阴不可轻。”宋朝岳飞在《满江红》中有“莫等闲，白了少年头，空悲切”。清朝钱福的《明日歌》也吟咏到“我生待明日，万事成蹉跎”。现代作家郭沫若说：“时间就是生命，时间就是速度，时间就是力量。”著名数学家华罗庚说：“时间是由分秒积成的，善于利用零星时间的人，才会做出更大的成绩来。”物理学家、诺贝尔奖获得者丁肇中说：“最浪费不起的是时间。”无产阶级革命家董必武也告诫人们：“吾辈更应惜秒阴。”可见，从古到今，人们

十分重视时间，十分爱惜时间，所以发出“时不我待”的感慨。

古代，为了计时发明了圭表、日晷、漏壶、水钟、单摆等计时仪器。但这些计时方式很容易受环境、温度、材质、电磁场甚至观测者的观测角度等影响，稳定度不佳，须由地球自转和公转、月球公转等天体运动的周期来校正。到17世纪中叶以后，发现了钟摆的等时性，制造了机械钟表。20世纪20年代出现了石英钟。最好的石英钟，每天的计时能准确到十万分之一秒，也就是经过差不多270 a才差1 s。20世纪中叶，随着量子力学和其他相关实验研究的进展，量子频率标准取代以天体运动为标准的天文时而成为计时标准。50年代出现了分子钟、原子钟。1958年开始使用原子钟，利用原子内部的电子在两个能级间跃迁时辐射的电磁波，它的振荡频率十分稳定，用它来控制钟的走动，精度高，一天只差百万分之一秒。到1967年发现铯（Cs）原子133基态两个能级间跃迁辐射振荡更精确更稳定，于是制作成铯原子钟。就是说铯原子钟是利用铯原子内部的电子在两个能级间跳跃时辐射出来的电磁波作为计时标准，去控制、校准电子振荡器，进而控制钟的走动。这种钟的稳定程度很高，目前，最好的铯原子钟达到500万 a才相差1 s，比石英钟准确得多。这一标准又叫原子时，主要是依据分布于世界各国各研究机构的250多台铯原子钟提供的数据，通过国际计量局特殊方法的计算得出，并由国际时间局发布。

那么，究竟什么是时间？

时间是个历史过程，是无穷无尽的，无始无终的，没有开头，也没有结尾。时间具有连续性、单向性、序列性特点，并且总是不断地向前流逝。因为时间是连续的，任何“万能”的刀子都不能把时间长河切断，分开。因为时间是单向向前流逝的，过去了就永不再来。时间具有序列性，在确定了序号1之后，接着是2，3，4……不可能是杂乱无章的，也不可能倒着

来。时间如此宝贵，所以“一万年太久”，应当“只争朝夕”。工作、学习也是一样，应当争分夺秒，不可浪费最可宝贵的时光。

时间是和空间密不可分的。时间是运动着的物质存在的基本形式，时间是物质运动的延续性、间隔性和顺序性，空间是物质的广延性和伸张性。时间的特点在于它的一维性，即不可逆性，空间的特点是三维性。可见，时间、空间同物质运动不可分离，没有离开物质和物质运动的时空，也没有离开时空的物质。物质是永恒的、绝对的，作为物质存在基本形式的时空也是永恒的、绝对的，但时空的具体表现形态和特性却是多样的、可变的、相对的、千姿百态的。

在物理学上，把时间作为一个基本物理量。量度两个时刻之间的间隔长短的物理量，叫做“时间”。它表征物质运动过程的持续性和顺序性。一段时间在时间坐标轴上可用一条线段表示。任何一种具有周期性运动规律的现象，其周期性都可作为时间划分方法的根据，如中国古代的水漏、十二地支（子，丑，寅，卯……）、日落又日出又日落等，都具有周期性，都可用来计时。

时间既然没有开头，那么应当怎样计量，从什么时候算起？人们在长期的生活实践中，发现日出和日落、白昼和黑夜相互交替循环不已，因而产生了“日”的概念，人们就以“日出而作，日入而息”来安排生活与劳动。后来人们觉得“日”这个时间长度太长，应当细分。殷武丁时代（前1365?—前1324?）分昼夜为8个时段，祖甲时代（前1172—前1140）分昼夜为10个时段，周朝分昼夜为12个时段。从西汉太初时代起，把一昼夜分成12段，每1段叫一个时辰。从此，时辰便成为我国古代的计时单位。并以十二地支中的“子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥”十二个字的顺序命名，故称十二个时辰。而且规定从半夜起算，以半夜11时至1时为子

时，1—3时为丑时……上午11时至下午1时为午时，此时太阳在1 d中位置最高……21—23时为亥时。一个时辰相当于现在的2 h。

后来，还嫌这种时间计量单位过长。到唐代以后，将每个时辰分为初、正两部分，每日23—24时为子初，0—1时为子正，1—2时丑初，2—3时为丑正……这就与现代使用的24小时制极其相似了。这种计时方法是我国古代计时方法的独创，而且影响着日本、朝鲜半岛和东南亚。

现在全世界使用的时间计量单位是1 d含24 h，是古埃及人首先采用的。夜间0时起，经过1时，2时……12时……23时，到24时即第2天的0时止，为1 d。

注意，这里说的时间，包括“时间间隔”和“时刻”两个内容。“时刻”表示的是某事件发生的瞬间，是时的位置，也就是时的迟早。时刻是衡量一切物质运动先后顺序的，它没有长短，只有先后，是一个序数。比如，甲早晨5时起床，乙5时30分起床，5时和5时30分表明甲乙二人起床时的瞬间。

“时间间隔”表示的是某一事件持续的久暂，是时间的长短。比如，甲1 d工作6 h，乙1 d工作8 h，8 h比6 h长，6 h比8 h短；丙晚上从8时工作到10时。都表示某一事件持续了多久，就是时间间隔。简单地说，时刻表示的是什么时候，时间间隔表示的是时间有多长。“时间间隔”有时简化说成“时间”。比如，你到博物馆参观了多长时间？用了2 h。这里的“多长时间”、“2 h”都是指“时间间隔”。

为了理解“时间”和“时刻”2个概念的区别，给出一张直线图。用一条表示先后次序的带箭头的直线来描述时间和时刻，这条带箭头的线叫做时间轴。直线代表时间，直线上任何一点表示时刻的位置；任意两点间的距离表示时间的长短，即时间间隔。就是说，在时间轴上相应两个时刻之间的间隔长短，表示一段时间，而把短暂到几乎接近于零的时间，叫时

刻，也叫“即时”（图5）。

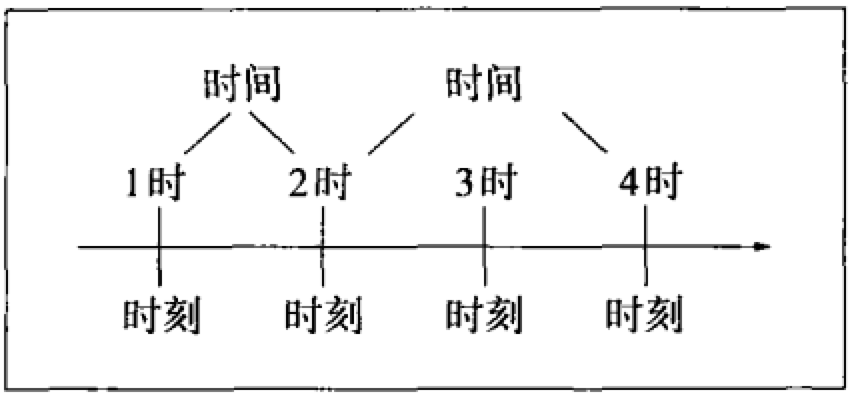


图5 时间和时刻示意图

由于时间有无穷无尽、无始无终的特性，因此，为了表示时间，就需要“时”的长短单位。用什么做时间长度单位的依据呢？

由于时间具有持续的久暂这样一个特性，又常常会给人有一种重复的感受，比如日出日落又日出，这就是说，时间概念的构成，可以通过对事物周期性运动的观察来确定。

在长期生活实践中，无论中国或外国都发现最自然、最标准、最常见的周期性运动就是天空中日、月、星辰的运行，所以古人就是观天象以授时的。以地球绕太阳公转一周而定年；以月亮从圆到缺又到圆或者从缺到圆又到缺而定月；以地球自转一周而定日。在天文学中，把太阳每连续两次经过观察者所在的子午线的时间，称为一个真太阳日，即一昼夜。因为一年中各个真太阳日的长短略有差异，于是取真太阳日的平均值作为时间的标准，称为一个平太阳日，简称1 d，就是现在所用的时间——日。把1 d分为24 h，每h分为60 min，每min分为60 s，成为特殊的60进位制，秒以下小数采用十进位制。d，h，min，s就是现在人们计量时间的基本单位。

1 s究竟多长呢？1 d等于86 400 s，1 d的86 400分之一就是1 s的时间标准。但是这样规定的“秒”是不够精确的。于是1967年在第13届国际计量大会上，规定以基态铯133原子的两超精细结构能级之间的辐射周期的9 192 631 770倍为1标准

秒，这是由原子能级跃迁的周期性来定义“秒”的。当然，在日常生活中是用不着这么精细的。

总之，现代标定时间的方法大体上有两种：一种是根据天空星星的运动和地面上某观测点的相对位置来确定时间，定为“恒星日”，进而确定“恒星时”，再进而转化为“世界时”、“标准时”，这属于“天文时”系列。另一种是利用某些元素的原子所发射或吸收的电磁波的固有频率来确定时间，这属于“原子时”系列（包括石英钟、铯原子钟）。

因为地球本身属于“准刚性”球体，即不是纯粹的固体，自转时体内各部分的速度并非绝对均匀。地球外部又包围着厚厚的大气，地球表面有浩瀚的海洋和液态物质，地球自转时会与大气层摩擦，海洋的水体和地内黏稠性物质，也会由于地球运动而产生物理震荡，形成液体潮汐和固体潮，都对地球的自转速度产生影响，有时快一点，有时慢一点。由于地球的自转速度经常处于不稳定状态，而且总趋势在变慢，这就使恒星时或世界时慢慢变得“不准确”。而原子时是非常稳定的，其中以基态铯133原子最稳定，所以现代应用铯原子钟作为校对时间的标准。

由此也可看出，世界时与原子时之间经过一段时间就会产生一定误差。这给人们的工作带来不便。特别是科学研究、宇航、航空等等要求精确计算时间尺度的领域，丝毫马虎不得。于是国际时间局规定：每当地球自转变化的累积值（加快或减慢）与原子时的误差接近1 s时，就要在这1 a“国际标准时间”6月30日或12月31日的最后1 min末尾增加或减去1 s，称作“闰秒”，使其时刻与天文时保持接近。如格林尼治时间2012年6月30日最后1 min末尾，即北京时间2012年7月1日7时59分之后的1 min末尾加上1 s，这1 min就含61 s，此时才是北京时间8时整。也可以说，格林尼治时间6月30日这1 d长度是86 401 s，比平时长出1 s。

关于世界时的去留问题，有不同的争论。

据《法制晚报》载，全球50多名研究人员于2011年11月3—4日聚集伦敦市郊开会，探讨以地球自转为依据的“世界时”被以原子振荡周期为依据的“原子时”彻底取代的可能性。目前，各家意见不一。

两种时间标准并行，需要时不时地人工干预使之“同步”。20世纪70年代有一项国际协议，确定世界时和原子时两种时间计量系统并行。世界时受地球自转减慢的影响，有一定误差，要人为调整；原子时用原子能级跃迁振动频率计时，1 000万a误差1 s，相对精准。

为协调两种标准，格林尼治天文台1972年引入“闰秒”概念。人工干预原子时，即在地球自转减慢致使世界时多出1 s时，把原子时拨慢1 s，即向前加1 s，使之与世界时相同。

对普通人而言，快1 s、慢1 s不会影响生活。但对授时机构、通信、航天、电子等对时间精度要求高的领域而言，调校时间是不容忽视的。

既然时间无始无终，以哪一时刻作为计时的起算点才合适呢？这完全是人为的。计时起算点不一定是物体开始运动的时刻。现在使用的时刻是以该时刻对某个当作起算点的时刻的时间间隔表示的。比如，下午2时是以正午12时为起算点，表示经过了2 h。因此某个时刻在数值上是时间间隔的体现。再比如，公历公元元年（相当于中国西汉平帝刘衎元始元年），是所谓耶稣（实际上有没有这样一个人物，都不能肯定）降生的那一年。西历公元“A.D.”二字是“主的生日”的缩写。可见，这完全是人为规定的。

中国人关于“日”的概念的提出，是因为古代人们最初是以太阳的升落来安排生活的，将日出的那一刻作起算点。所以有“日出而作”的说法。后来，发现日出位置有变化，日出时间也有变化，所以不能以日出为起算点。在长期游牧、渔猎、

农业生产实践中，觉得以日中为界较好，上午日渐升高，下午日渐落下，日中太阳最高，上下午对称，日中的物体影子最短，认为以日中正午作为日的起算点比较适宜。由此经过12 h为子夜，再经过12 h为正午。后来发现，以正午为起算点，就把一个白天分为2 d，上午是前一天，下午是后一天，到了中午还得改变日期，很麻烦，不方便。于是取与正午相对的子夜（午夜）为日界，作为“日”的起算点再合适不过了。夜间正是人们休息的时候，无大妨碍。

为了不使上下午相同时刻相混淆，在时刻数字前加上“上午”、“下午”二字以示区别。如上午8时，下午8时。上下午是对称的，这仅仅是从太阳高度最高的两侧逐渐降低直至日出、日没点来说的。因此具有很强的地方性，因为不同经度的地方，太阳高度最高的时间是不同的。甚至可以说，沿东西方向横跨一步，两地点太阳最高的时间都有差异，东边早些，西边晚些。为了去掉这种麻烦，就划分了时区，确定了标准时。

也是为了方便，将24 h统一排列，从子夜起算为0时、1时、2时……经过12时，接着是13时（下午1时）、14时（下午2时）……直到24时（子夜0时）。现在24 h制已广泛应用于各个领域，尤其是交通通信、军事、航空航天、电台、气象及各种科学研究事业，成为广大群众家喻户晓的计时方法。

三、利用太阳判定方向和时刻

一轮红日冉冉升起。顿时，光明来到人间，艳阳高照，万物欣欣向荣。待到傍晚时，天边又升起缕缕霞光，绯红，绛紫，灰暗……

太阳是人类生活的支柱，力量的源泉，大地的母亲。

这一讲将讲述我们身边的太阳以及怎样利用太阳判定方向和时间。

1. 太阳及其能量来源

太阳是一个具有高温高压的巨大的炽热的气体球，其表面温度5 770 K，一般说是6 000 K（K是绝对温度，1 ℃=273.15 K）。太阳是离我们地球最近的一颗恒星，是太阳系的中心天体，占太阳系质量的99.87%都集中在太阳。太阳的视直径为31′59.3″。太阳质量有 1.989×10^{33}g，是地球质量的33万倍。半径有 6.96×10^{5} km，体积为 1.3×10^{6}（以地球为1）。它以强大的引力控制着大小行星、彗星等天体的运动，约束着太阳系天体按一定的轨道绕它运转。在太阳中心，平均密度为1.41g/cm³。太阳大约诞生于50亿a前，目前处于主序星阶段，正当壮年，走在生命的中途。

太阳是一颗能量巨大的恒星，不断地向四周发射大量的光和热，它作为孕育着人类文明的天体，始终影响着地球生物及其活动。太阳辐射是太阳系的主要能源，太阳以其强大的太阳辐射以及太阳粒子流，温暖、影响着整个太阳系。

太阳能量的来源是其内部的热核反应（核聚变）。太阳内部的温度、密度和压力随深度而增高。太阳中心温度达1 500万K，压力相当于2 500亿个大气压。产生氢聚变为氦的热核反应

发生于温度700万K以上的太阳核心区域。核心区域产生的能量通过太阳内部的辐射层和对流层向外传送到太阳外部的光球层、色球层和日冕层。光球层放射以可见光和近红外光为主体的太阳电磁辐射，太阳黑子活动也在这一层。色球层主要有日珥和耀斑，突然爆发的耀斑释放大量的紫外线、X射线、γ射线、强无线电波以及高能带电粒子。日冕层主要放射出高速带电粒子流，即常说的太阳风。它们到达地球引起地球电离层扰动，太阳风暴可能破坏人造卫星，或者使高压线超载，造成断电，使短波无线电信号被吸收并使通信受阻而破坏。耀斑爆发使地球磁场受到干扰，产生磁暴，使罗盘、指北针不能正确指示方向。太阳活动的强弱还影响地球气候。

太阳辐射的能量是怎样产生的？太阳内部在高温高压环境下，将4个氢原子核经过一连串的核聚变反应，转变为一个氦原子核。每秒钟有3.9×10^{45}个原子参与核反应。在核聚变过程中，原子核质量的亏损部分就转化为能量，并以光的形式从太阳表面向四面八方辐射出去，这就是太阳辐射。

关于氢氦聚变可以这样来描述。爱因斯坦的质能关系式$E=mc^2$是计算核反应释放能量的依据。其中，E，m，c分别为能量、质量和光速。在氢氦聚变中，质量为4.029 1（原子质量单位）的4个氢原子核（H），聚变为质量为4.001 5的一个氦原子核（He），质量减少了0.027 6，即质量亏损率为0.685%。这亏损的质量转化为能量，其中包括正电子、中微子和γ射线。氢氦核聚变反应式一般认为是：

$$4H\rightarrow{}^4He+2e^++2\nu+\gamma$$

式中，e^+为正电子；ν为中微子；γ为γ射线。这3部分以太阳辐射的形式辐射到宇宙空间，包括射向地球的部分。

按质能关系式可求得：当1g氢参加反应时减少0.006 85g质量，转化的能量约为6.2×10^{11}J。

这一过程通过下列计算得到：4个氢核质量为4H=

$4 \times 1.007\ 275 = 4.029\ 1$，

氦核质量为$^4He=4.001\ 5$，

其差值，就是亏损的质量$\Delta m=4\times1.007\ 275-4.001\ 5=0.027\ 6$，

即质量亏损了0.027 6/4.029 1=0.685%。

可以认为1g氢参加反应损失0.006 85g质量。代入质能关系式，

则有$E=0.006\ 85g\times(3\times10^{10}cm/s)^2/10^7erg=6.165\times10^{11}J$。

其中，$1J=10^7erg$（1焦耳$=10^7$尔格）

可见，1g氢参加反应就可释放出6 000多亿J的惊人能量。

这就是太阳上1g氢从太阳表面辐射出去的能量。据计算，太阳每1 s由于核聚变而损失的质量，大约为400万t。自太阳诞生起的50亿a中，只消耗了太阳质量的0.03%。其实到达地球的只占太阳总辐射量的22亿分之一。

在日地平均距离条件下，地球大气上界垂直于太阳光线的$1cm^2$面积上，1min接受到的太阳辐射能为$8.24J/(cm^2\cdot min)$，称作太阳常数。

太阳不仅是地球上自然条件变化、生物活动的主要动力，也是人类生活和生产所应用的主要能源（煤、石油、天然气、沼气等都是太阳能转化的）。我们所看到的太阳东升西落的运动，还为我们提供了判断方向的依据，提供了计量时间的一种基本单位——日。

假如世界上没有了太阳，就没有了最主要的能源，那将是一片黑暗，既看不见方向，也就没有了“时间”的观念。

2. 日出于东而没于西

“日出于东而没于西”是流传于我国民间的习惯说法，但1 a中太阳从正东升起正西落去毕竟是很少见的，只有春分、秋分时才是这样的。因此春分、秋分日，用日出、日落来判断正东和正西方向才是正确的。有了东西就可定出南北了。

过了春分（3月21日），日出、日落的位置一天天向北偏移，一直持续到夏至（6月22日），过了夏至，日出、日落的位置一天天向南移，一直持续到秋分（9月23日），日出、日落又回复到东方和西方。可见从春分到秋分的夏半年太阳是从东方和北方之间升起，从西方和北方之间落下。过了秋分，日出、日落的位置离开东方和西方而偏向东南和西南方，一直持续到冬至（12月22日）。过了冬至日出、日落的位置一天天向北移，一直持续到春分，日出、日落的位置又恢复到东方和西方。可见，从秋分到春分的冬半年太阳是从东方和南方之间升起，从西方和南方之间落下。值得注意的是，对于生活于北回归线以北的人来说，这个说法才是正确的。

有一个补救的方法，就是不管哪一天，在广阔的平原上，没有山的阻挡，将日出点和日落点连一直线，并作其水平垂线，就是南北方向线。其次在你的观察点上作该垂线的水平方向垂直线就是东西方向。

概略地说，春天和秋天太阳大概出于东而没于西，夏天太阳出于东北没于西北，冬天太阳出于东南没于西南。“日出于东而没于西”有其局限性。除了春分、秋分日外，其他日子日出不是东南就是东北，日没不是西南就是西北。

在1 a中，太阳的直射点由冬至日在南回归线（23°26′ S）向北，春分日越过赤道，夏至日最北达到北回归线（23°26′ N），之后返回向南，秋分日越过赤道，冬至日回到南回归线，再向北，周而复始。每天的太阳直射点都在变化，又由于观测者所在的纬度不同，就使所看到的日出、日落的方位更加复杂起来。如果，你在北极圈内，夏至前后整天太阳不落，都是白天，叫极昼；冬至前后整天太阳不出来，都是夜间，叫极夜。在南极圈内则相反，夏至前后整天太阳不出，是极夜；冬至前后整天太阳不落，是极昼。在北（南）极点上有半年时间可以看到太阳在低空旋转，也有半年时间看不到太阳（见书后附

录）。就是在我国的不同纬度，同一天看到的日出、日落的方位和时间也是不同的，是很难凭着两只眼睛判断出来的。

白天被正午分成上午、下午两个相等的部分。根据“春分、秋分昼夜平分”的道理，春分、秋分日太阳从地平线上冉冉升起，经过6 h到达正午，又经过6 h缓缓落入地平线。夏半年太阳升起得早些，落下得迟些，但不管升得多早，落得多迟，正午日中（太阳上中天）之前6 h太阳在天空的位置大致在东方之上；日中之后6 h太阳位置大致在西方之上。因此，春分后至秋分前的日子里，看早6时、晚6时的太阳位置，就可确定东方和西方。有了东西方，南北方向就好定了。

至于各个纬度上日出、日落的方位和时间可以按书后附录中“日出、日没方位角的计算”以及后面章节“日出、日没时刻的计算”所讲的方法计算出来。

3. 日中为南，立杆测影确定南北

利用日出、日落定方向是不准确的，而利用正午太阳的位置定方向就相当准确了。

太阳从升起到最高又徐徐降落到没入地下在天空划了半个圆弧，这半个圆弧以最高点为中点是左右对称的，也就是上午时间和下午时间对称相等，最高点就是正午。在春分、秋分日，地方时早6时、晚6时是正东、正西，中午12时是正南。其他日期虽然日出日落不在正东正西，可是中午在正南是不变的，否则就不对称了，“正午”不“正”了。

立杆测影定南北方向是最古老也是最实用的方法。

如果你顺手拿出直尺垂直立在桌上。看看太阳照在尺上，尺影有什么变化？正午的时候一切直立着的物体影子最短。影子最短的时候，也就是太阳离地面最高的时候。当接近中午（比如11时半）开始在桌上立上直尺。看，影子在缩短，每隔3 min或5 min记一下影子的端点，影子达到最短，之后又慢慢

延长了。这时把各个端点连成平滑曲线，并在影子最短的地方与所立的直尺在桌面的垂足O连一条直线并向两侧延长至两点A和B，AB直线方向就是南北方向。与AB垂直的CD方向就是东西方向。这就是立杆测影定方向（图6）。

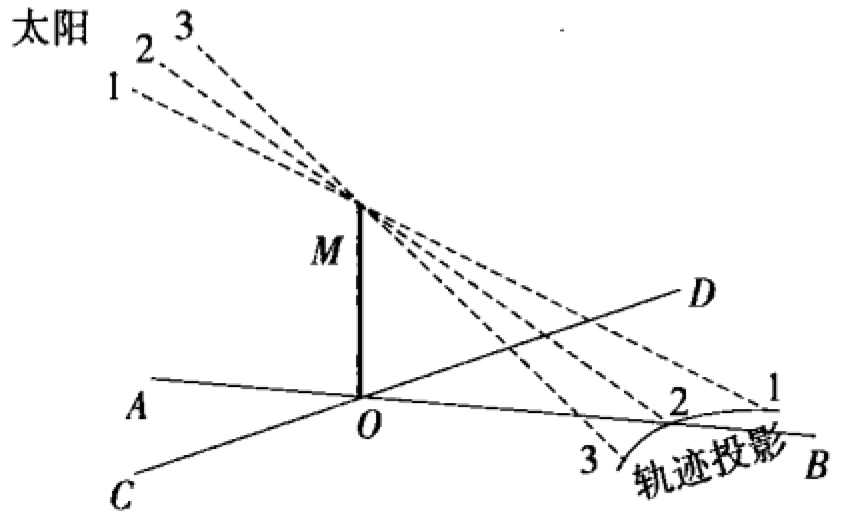


图6　立杆测影定方向

我国古代所用的日晷仪就是根据这个原理制造出来的。按这个方法画出来的南北方向线是很准确的。可以准确到用来校正罗盘指针上所产生的误差。因为立杆测影确定南北的方法是根据日中为南而定的，而罗盘是根据地球上磁力线方向决定的，地球磁极并不正好在北极点和南极点，其位置逐年间有一定变化。

不过，利用“日中为南”的办法定方向有2个问题要说明。比如，夏至时在北回归线以南的地方，春分、秋分时在赤道以南的地方，任何季节在南回归线以南的地方，那里看到的太阳最高时所在的位置是在头顶之北，而不是南方，因此在那里是“日中为北”。当太阳正好在天顶，影子缩成一个点，如夏至时在北回归线上，春分、秋分时在赤道上的观测者就分不清东西南北了。所以“日中为南”也有其局限性。不过，不论是南还是北，只要看到物体的影子最短，连接物体的垂足到影子的端点作一直线并延长，就是南北线，也就是当地的子午线方向。

其次，根据直立物体正午影子最短决定南北，原理简单，说起来也方便，但是，因为影子长度的变化很缓慢，不是人的

眼睛容易觉察出来的，一定要细心、耐心。直立物体影子的端点可能由于空气质点的飘逸和湍流效应而模糊不清，带来观测的不便。也可能影子端点的曲线连接得不规则，不平滑，或读数有误差，均会影响测量精度。

4. 立杆测影确定经纬度

（1）利用立杆测影法计算当地的地理纬度。在图6中，量出影子最短的端点至杆的垂足O的距离（即影子最短时的长度L），杆的高度H是已知的，于是可以计算出正午太阳高度角$h_\odot$。按公式

$$\tan h_\odot = H/L$$

式中，$h_\odot$为正午太阳高度角（简称太阳高度），即入射光线与水平地面的夹角，查三角函数表或利用具有三角函数的计算器得出$h_\odot$。

进一步利用正午太阳高度角的计算公式

$$h_\odot = 90° - |\varphi - \delta|$$

式中，φ为当地地理纬度；δ为太阳直射点纬度。φ，δ在同一半球δ取正，即当地夏季取正；不在同一半球δ取负，即当地冬季取负；相减后取绝对值。

在上述公式中，如果已知正午太阳高度$h_\odot$和太阳直射点纬度δ，就可以计算出该地地理纬度φ。注意，在解方程时，可能有两个解，要舍掉不合理的。

例如，已知我国某地冬至日的正午太阳高度角是24°16′，试求该地的地理纬度。

冬至日太阳直射点的纬度为南回归线23°26′S，把已知数据代入上述公式：

$24°16' = 90° - |\varphi - (-23°26')|$

则有，$|\varphi - (-23°26')| = 65°44'$

解绝对值方程：$(\varphi + 23°26') = 65°44'$

$$\varphi=42°18' \quad (1)$$

$$-(\varphi+23°26')=65°44'$$

$$\varphi=-89°10' \quad (2)$$

分析所得的解，题给的是我国某地，因此解（1）正确，解（2）舍去。查地图，知该地位于辽宁北部铁岭的纬圈上。

（2）利用立杆测影法计算当地的地理经度。首先记下杆影最短时的北京时间t，此时也是当地地方时为12时，并计算出地方时差Δt。

$$\Delta t=t-12 \text{（换算为分钟）}$$

由下式就可计算出经度。经度差等于时间差除以4，单位为度数，这是因为地球自转1°需要4 min。计算经度差的公式如下：

$$\Delta\lambda=\Delta t/4$$

由此可计算出该地的地理经度λ：$\lambda=120°\pm\Delta\lambda$

式中，“加号（+）”和“减号（-）”的取法为“东加西减”。若影子长度最短值出现在北京时间12时之后，表示观测地点在120°E以西，取（-），即该地经度比120°E偏西，此地尚未达到正午；相反，若影子长度最短值出现在北京时间12时之前，表示观测地点在120°E以东，取（+），即该地经度比120°E偏东，表示该地已经过了正午。

例如，某地杆影最短时的北京时间t已过了当地地方时12时，其地方时差8.8 min。由此得出经度差$\Delta\lambda$为2°12′。因此该地在120°E以东，$\Delta\lambda$值取（+），它的经度为$\lambda=120°+2°12'=122°12'$E。

由上可见，立杆测影法不仅能定出“日中为南”，也能分析和计算出该地的经纬度。

当然，常用而且简单易行的测量纬度的方法，还有利用北极星地平高度的方法。这是因为当地地理纬度和北极星的地平高度相等。

选择晴朗无灯光的夜晚，且避开农历十五前后月光明亮的

日子，测量北极星的地平高度。测量时可利用大型半圆仪，将半圆边朝下，直边对正北极星。在半圆仪上，读出半圆仪直边与地平线的夹角，这就是北极星的地平高度，也就是当地的地理纬度。

读数难免有误差，要认真读出角度。可以多读几次，取其平均值。

5. 手表定方向

一个晴朗无云、阳光和煦的双休日，如果你来到铁岭新城区的著名广场——钻石广场。在此你能用手表辨别方向吗？

用手表辨别方向简单易行，尤其是野外工作者，这是最简单最实用的判断方向的方法。

只要在白天，有光照，在任何时刻，都能利用太阳辨别方向。要注意，只有带有时针的手表才能应用这一方法。液晶显示数字的电子表虽然电子数字一闪一闪的却不能辨别方向。

大家知道，从昨天中午到今天中午，整整24 h，地球自转了1周。地球上的人见到的是太阳绕地球转了1周，这种现象叫太阳的周日视运动。这里加个“视”字，是指把人们所看到的物体的运动叫做视运动。24 h太阳移动了1周，即每h自东向西移动15°，每4 min移动1°。天空中的1°有多大呢？可以用太阳当顶时的直径来估计，此时太阳的视直径为31′59.3″，即大约1/2°。

手表表面上分成12等份，即12 h。人们一定会想到，如果太阳从正午起算，时针从12时起算，同时开始转动，到第2天中午，太阳当顶，时针也到了12时。这就告诉我们：太阳转了1周，时针转了2周。表上时针的速度比太阳的速度快了1倍。我们正是利用这个关系来辨别方向的。这也就是表上时针走1 h，太阳在天空移动15°。

我们从太阳在正南方与钟表上时针指“12”字重合起算，

现在太阳已经偏西30°，此时把时针对正太阳，正好指在“2”字处，“2”与“12”之间的角度是60°。由于时针旋转的速度比太阳在天球上旋转的速度快1倍，所以时针指“12”为正南不变的话，此时太阳应离开“12”字30°角，即在“1”字处，其间夹角为30°。或者说，太阳在“2”字处与“12”字的夹角60°处，已比时针多走了1倍，所以应退回30°，即退至“1”字处才是正南，而“1”字处正是“12”与“2”之间夹角的平分线。

上午，太阳在南偏东45°，此时把时针对正太阳，正指在“9”字处，可是由“12”顺时针至“9”的角度是270°，由于时针速度比太阳移动速度快1倍，即多走了135°，所以退回135°的方向才是南北方向。这就是说由“12”顺时针至“9”之间的平分线、表心、“9”顺时针至“12”之间的平分线，三者连成一条直线的方向就是南北方向。

可见，不论上午还是下午，把表放平，时针对正太阳，时针与“12”字之间的夹角平分线就是南北线。

那么，哪边是南，哪边是北呢?

因为是以正午12时为正南作标准的，所以“12”与时针所夹的劣角平分线指向正南（图7）。

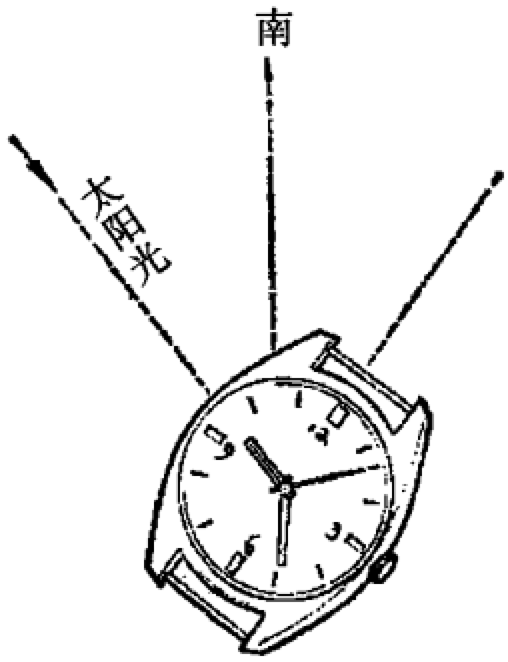


图7 用手表定方向

在北回归线以北的地方，这样说是正确的。在北回归线以南情况就复杂了。如果太阳在头顶偏北方向，所看到的太阳对着时针，它与“12”之间的劣角角平分线，所指的就是北方了。

用钟表测定方向，除春分、秋分日附近外，其他日子只是近似的。因为日出日没方位是逐日变化的。而且用这种方法测定方向只用时针，而不考虑分针和秒针。

再有，手表定方向只能测定当地经线上的南北方向，即地方时的南北方向。对于指示“北京时间”的钟表来说，这个方法只是在靠近120°E附近地区才是适用的，不在这条经线附近就要用经度差（120°–经度)/15修正。比如，你在105°E观测，北京时间正好12时，此时该地太阳的方位还未到正南，而是南偏东15°，过1 h才是正南。一定要注意，手表上的时间是北京时间，是东8区的标准时间，所以用手表测时要记住观测地点所在的地理经度，以便进行经度差修正。

若没有手表，可借助“度数”这个观念来测定方向。不过首先要知道当前是几点钟，它可以从电台、电视台报时中得到。比如，现在是上午9时，这时太阳离正南3×15°=45°角。那么你面对太阳向右转45°就是正南；若在下午1时，面对太阳向左转15°就是南方。

6. 日晷定时刻

你去过北京故宫吗？在那一片庞大的金碧辉煌的建筑群中，有一座宫殿叫乾清宫，是清朝皇帝顺治、康熙、雍正居住和进行日常活动的场所。就在这座宫殿左前方平台上，设有一台日晷仪，用来测定时刻。这可以看做是皇家的至高无上的钟表了。

日晷的结构并不复杂，我们可以自己动手制作。取来厚纸板、硬塑料板或薄木板，纸板、硬塑料板最好是白色的。木板要两面刨光刨平，剪切成圆形。将纸板、硬塑料板或木板的两

面均分成24等份，也就是从圆纸板中心每隔15°画一条线。每2条线之间代表1 h，24条线代表24 h。每一等份内再细分为4等份或6等份，表示15 min或10 min。圆纸板两面都这样画好分划，并标上数字，从0时到23时。一面顺时针方向标，另一面逆时针方向标。两面的0时和0时，12时和12时都分别对准。至此，日晷盘就做好了。用一根竹针或铅丝垂直穿过纸板圆心，固定在圆纸板上。这根竹针或铅丝就是晷标。

不过故宫里的日晷可不是纸板、硬塑料板、木板、竹针、铅丝做的而是用大理石和铁棒做成的，经久而难以毁坏。

安装日晷前，先要设置一个水平台，一定要水平。如果在野外，选一块平坦的地面也可。安装时要注意以下几点：

（1）晷盘连同晷标对于水平台面或地面是倾斜的，使得晷标指针的仰角等于当地的地理纬度，如在沈阳这个仰角应为41°46′，也就是使晷标指针指向天北极，晷盘表示天赤道。

（2）晷盘上的0时到12时的连线，应安置在事先确定好的南北方向上，而且12时在下方。12时的刻画线端点与晷标在水平台上的交点连线应指向正南方。

（3）数字顺时针方向标的那一面应该朝上（朝北），逆时针方向标的那一面朝下（朝南）（图8）。

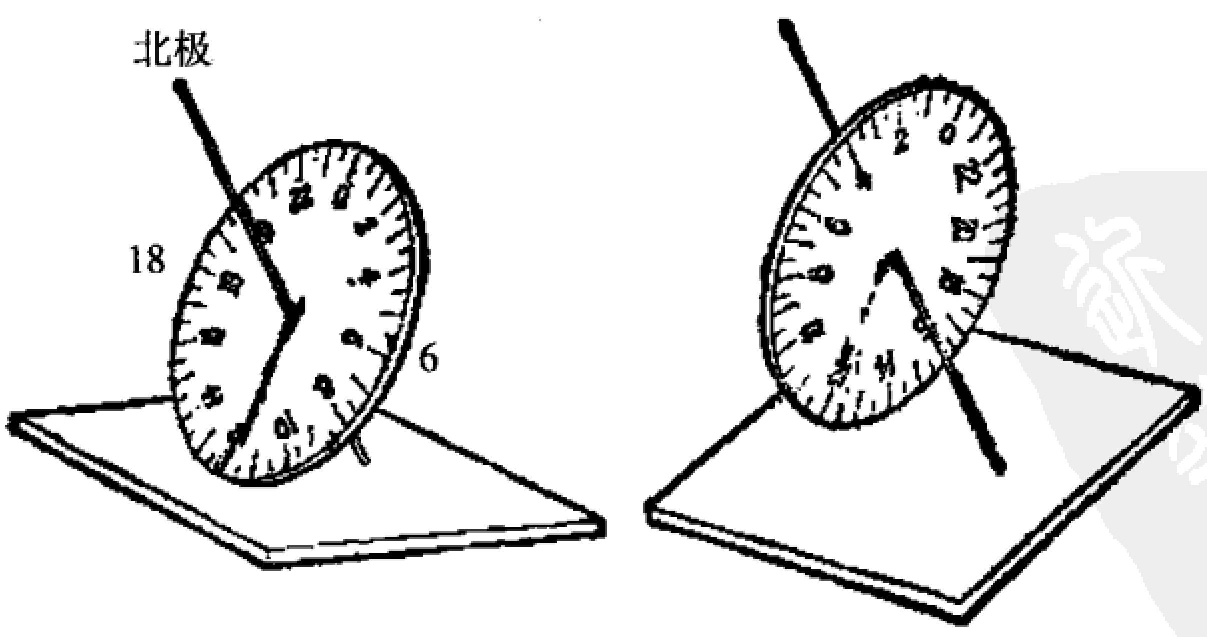


图8　用日晷定方向

我们平时应记住自己家乡的地理纬度，安装日晷就很方便了。如果不知道，可以查一下地图，或者问一下当地的气象台站。

安装好以后，测定时刻是很容易的。只要看一下晷标的影子落在那一条刻画线上，读出的数字就是当时的时刻。从春分到秋分这半年里，太阳在天赤道以北，在日晷朝上的这一面看针影定时刻。在秋分到春分这半年里，太阳在天赤道以南，则要在日晷朝下的这一面看针影。如果在春分、秋分日正午看日晷，会发现在日晷的上面、下面晷标的影子都指向“12”。这就是要在两面都刻上对应刻度的缘由。

我们可以从晷标标影的变化中看出：日出、日没的时刻不是固定不变的，特别是冬夏两季的差异很大。这种差异只有用计算的方法才能得出。为方便应用，本书附录专门给出了北半球夏至日和冬至日不同纬度上真太阳日出、日没的时刻（附录4）。

用日晷仪测出来的时刻是相当精确的，但这仅仅是当地的真太阳时（也叫视太阳时），而不是我们钟表上使用的“平太阳时”。二者之间多有误差，误差最大可达16 min 22 s。这又是怎么回事呢?

7. 真太阳时（视时）、平太阳时（平时）

要掌握有关真太阳时和平太阳时的知识，首先要从什么是“视运动”谈起。

比如，我们坐在火车内，火车向前开动着，车窗外的山林、田野不断地向后退去。这种山林、田野的后退运动就是视运动，实际上是火车向前运动。同理，天上的日月星辰一昼夜在天空中向西运动一周，也是坐在地球这辆火车上的人随着地球自西向东自转一周的反映，这就是天体的周日视运动。太阳在一天中围绕地球在天空中向西转了一周，就是太阳的视运动。

我国古代的人们把太阳在一天中高度最高的时刻称作正

午。太阳从正午开始向西运动，落山后，经过一个黑夜，第二天早晨从东方升起，再到正午，这么一圈所经过的时间间隔就是视太阳的一日，称为视太阳日或叫真太阳日。就是说把真太阳视圆面中心在天球上连续两次由东向西通过某地子午圈的时间间隔称为一个真太阳日。一个真太阳日分为24个真太阳时，一个真太阳时分为60个真太阳分，一个真太阳分分为60个真太阳秒。用日晷所测的时间就是真太阳时。

地球除自转外，还以平均29.79 km/s的速度绕太阳公转，旋转1周为1 a。地球绕日公转在天空的反映就是太阳在各星座间的移动。连续观测星座的变化就可发现太阳向东移动。1 a后，头顶的星座还是1 a前的星座，这说明太阳的位置在天空旋转了1周。真太阳在天空中自西向东移动的路线就是黄道，实际上是地球在天空中绕日公转的轨道。

后来发现，在1 a中，真太阳日每日的长度并不相等，最长和最短时可相差51 s。原因有二：一是太阳视运动速度并不均匀；二是黄道与天赤道之间存在一个交角。

日地平均距离为1.496×10^8 km，也就是一个天文单位。1 a中，地球沿黄道移动1周360°，每天平均向东移动的角速度大约为1°（59.2′），线速度为29.79 km/s。实际上地球在黄道上运动的速度是不均匀的，这是因为地球绕日公转轨道是椭圆形的。公转的速度有快有慢。每年1月初（1月4日前后），地球距离太阳最近，日地距离为1.471×10^8 km，即在近日点附近，公转速度快，地球在黄道上每天的角速度是1°1′多一点，线速度为30.3 km/s；7月初（7月4日前后），地球距离太阳最远，日地距离为1.521×10^8 km，即在远日点附近，公转速度慢，地球在黄道上每天的角速度为57.1′，线速度为29.3km/s。这种快与慢自然反映在太阳的周年视运动上。这就使我们见到的太阳周日视运动的速度不均，即真太阳日的长度不相等。北半球冬半年快一些，即地球在黄道上移动和夏季相等的距离所需时间短

一些；夏半年慢一些，即地球在黄道上移动和冬季相等的距离所需时间长一些。南半球相反，夏半年运动快一些，冬半年运动慢一些。这也可以从北半球春分至秋分的夏半年日数186 d，从秋分至春分的冬半年日数179 d（闰年180 d）看出来。

为什么是这样？不能不说一下太阳系中的天体运动是遵循着一定的自然规律的。17世纪初，德国天文学家开普勒在哥白尼日心说的基础上，研究了丹麦天文学家第谷等人的观测资料和星表，通过他本人的观测和分析后，于1619年提出了行星运动的三大定律，统称“开普勒三定律”，也叫“行星运动定律”。这里仅说明其中第一、第二定律。这2个定律是表明行星运动的轨道和运动的状态的。

第一定律认为，所有行星的运动轨道都是椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点上。于是行星在围绕太阳运动时就有了近日点和远日点的问题。

第二定律认为，行星的向径（太阳中心到行星中心的连线）在单位时间内所扫过的面积相等。因此面积不变制约着行星运动的线速度，距离增大，则线速度变小，即行星在远日点附近，运行速度小；距离减小时线速度变大，即行星在近日点附近，运行速度大。按动量矩守恒定律，mvr=恒量，其中m、v、r分别代表行星的质量、线速度、向径的大小。对于某一行星而言，质量是常数，所以其绕日公转的线速度v与其向径r是成反比的。这一定律充分表明行星（包括地球在内）在绕日运动中速度是不均匀的。在近日点附近快一些，在远日点附近慢一些。这就造成了一年中，真太阳日每日的长度不相等。

其次，太阳周年视运动的平面即黄道面与天赤道面并不在同一个平面上，它们的交角有23°26′ 21″（公元2000年启用的数据）称为黄赤交角。就是说地轴与黄道面有66°33′ 39″的夹角。可见地球在天空中是倾斜着身子绕太阳旋转的（图9）。

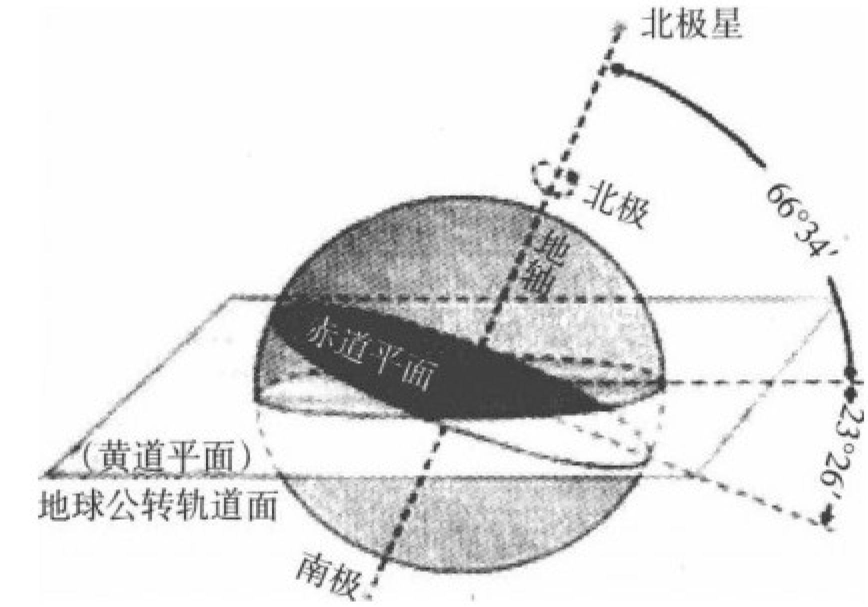


图9 黄赤交角

黄赤交角决定着太阳直射的范围，决定着回归线与极圈的纬度度数。因此黄赤交角的变化会导致地球上极昼、极夜范围的变化，导致热带、温带、寒带范围的宽窄变化，也造成昼夜长短和正午太阳高度的变化，进而影响着各地地面接收热量的多少和温度的高低，影响工农业生产和人们的生活。

但是，我们计量时间是以地球自转为标准的，也可以说是以地球赤道无限扩展的天赤道为标准的（可以理解为天赤道上某一点一昼夜绕地轴转一周）。由于太阳是在黄道上运动的，即使是太阳视运动是均匀的，比如，在相等的时间内移过$\Delta\lambda_1=\Delta\lambda_2$（图10），但它们在天赤道上移动的距离是不均匀的，即$\Delta\alpha_1\neq\Delta\alpha_2$。因为计量时间是以天赤道为标准的。可见，由于黄赤交角的存在，太阳在天赤道上运行速度不均匀，这就造成了每日的长度不相等。

既然真太阳走得有时快有时慢，要做一个机械钟表跟着太阳走，有时快一点，有时慢一点，这是根本做不到的。钟表的机械只能做比较均匀的旋转。所以1820年法国科学院会议决定，将1 a内各个真太阳日长度的平均值，作为一个“平均太阳日”，简称“平太阳日”。以平太阳日确定的时间叫“平太阳时”或“平时”。后来被世界各国采用。现在我们钟表上的时间就是按平太阳时计算的。

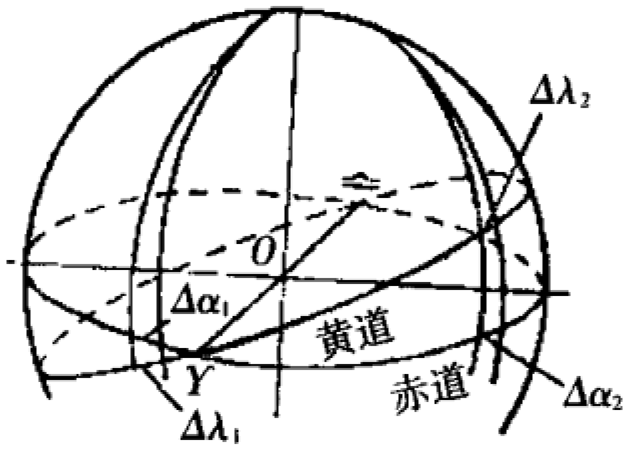


图10　黄赤交角的影响

这相当于我们假想天空有一个“平太阳”在天赤道上做匀速运动，其速度与真太阳在黄道上做匀速运动相一致，每天以均匀的速度自西向东移动，1 a走一圈。实际上，平太阳在天赤道上运动，所以用赤经表示，而真太阳在黄道上运动，所以用视黄经表示。平太阳在天空中最高位置是正午，此时太阳正通过该地的子午圈，即上中天时刻，到下一次上中天的时间间隔就是一个平太阳日。即平太阳在天球上连续两次由东向西通过某地子午圈的时间间隔叫做一个平太阳日，并以平太阳上中天的时刻为起算点。

以正午作为1 d的开始，这样就使一个白天要变换两个日期，给生活带来很多不便。于是从1925年1月1日起，改为以平子夜（即平太阳上中天相对的时刻）为平太阳日的起算点。1平太阳日分为24平太阳时，1平太阳时分为60平太阳分，1平太阳分分为60平太阳秒。这样平太阳1 s的长度就是平太阳日的86 400分之一。由于地球的自转，视太阳所处的经度不同，平太阳时也就不同。各经度上都有自己的平太阳时的0～24时。

地球绕太阳旋转1周所需时间，用平太阳去量为365.242 2 d，或365 d 5 h 48 min 46 s，叫做1个回归年。也就是太阳在地球上的直射点由南回归线向北越过赤道，到达北回归线返回向南，再越过赤道到达南回归线的时间长度。

就是说，那个真太阳是在黄道上1 a走1周，平太阳是在赤道上1 a走1周。可见，1个太阳运行速度是不均匀的，1个太阳运行速度是均匀的，二者就不能总是同时在天空中同一个位置上出现，这就有了时间上的差异。这个差异就叫时差。用公式写出来就是：

真太阳时 - 平太阳时 = ±时差，

或　　　　　视时 - 平时 = ±时差，

于是就有：平太阳时 = 真太阳时 - （±时差）。

如果我们知道了1 a中每1 d的时差，就可以利用日晷或其他仪器测出真太阳时，算出我们平时用的钟表时间了。

事实上，时差数值早已计算出来了，刊登在《中国天文年历》中。每天的时差都不相同，最大时差可达16 min 22 s，最小是0 s。1 a有4次为0 s，约在4月16日、6月15日、9月2日、12月25日前后。还有4次极值：2月12日前后为–14.4 min；5月15日前后为+3.8 min；7月27日前后为–6.3 min；11月4日前后为+16.4 min。每年同1 d的时差值并不完全相同，有微小的变化。时差有正（+）有负（–），“+”表示真太阳时快于平太阳时，“–”表示真太阳时慢于平太阳时（图11）。

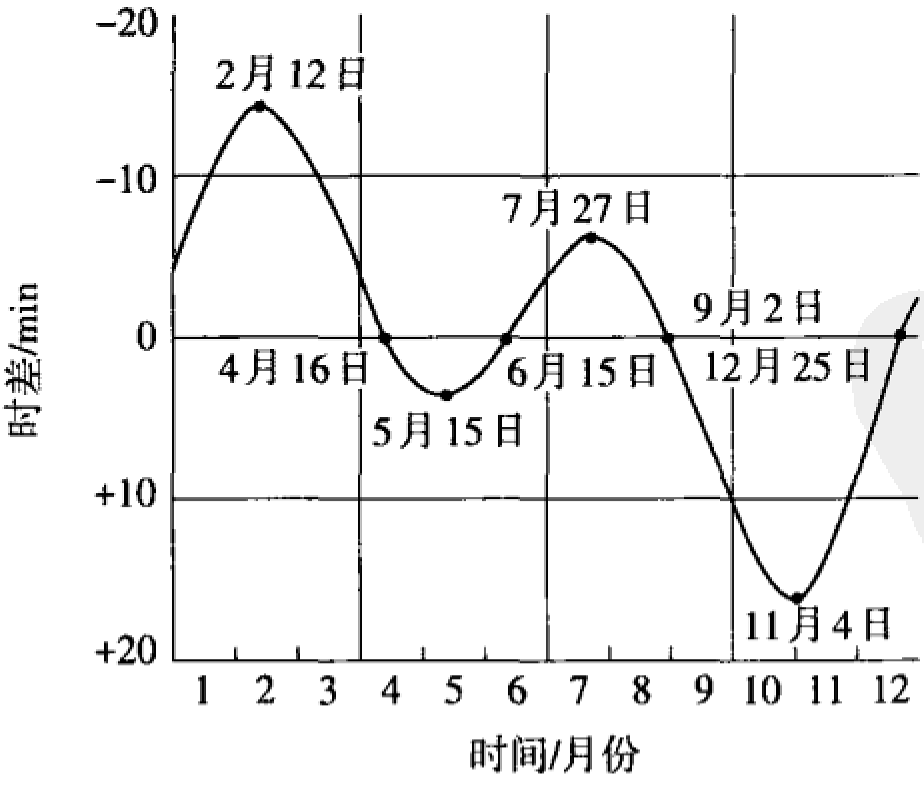


图11　时差曲线

例1：7月12日手表停了，怎样利用上述公式来校对好手表呢？

解：首先，用日晷或杆影测出7月12日视太阳正午。

其次，查时差表（见附录），该日时差为-5 min 18 s。注意前边是负号。再代入公式：

平太阳时＝12时-(-5分18秒)=12时5分18秒

最后，把手表拨到12时5分18秒即可。

例2：5月10日太阳正当头顶，可手表上是12时1分20秒，这只手表是快还是慢？

解：查出该日时差为 +3 min 39 s。

代入公式：

平太阳时=12时-3分39秒=11时56分21秒。

可见，表快了4 min 59 s，拨慢4 min 59 s就行了。

这种修正手表方法是不够准确的。只有在东经120°附近才可，如果在新疆，那误差就很大了。这又是怎么回事呢？

8. 地方时、标准时、北京时

前面说过，不论是视太阳时还是平太阳时都是以“日中为南”定出来的。如果你在呼伦贝尔、山海关、青岛、常州、杭州、高雄一线上，即东经120°经线附近，用上面的方法定出来的平太阳时和手表上的钟表时间误差不大。若是一个在长春，一个在乌鲁木齐，那误差可就大了，这是为什么？

长春在吉林省，乌鲁木齐在新疆维吾尔自治区，一个在东，一个在西。它们的纬度基本相同，都是北纬43°50′附近，而经度相差很大，长春是125°20′E，乌鲁木齐是87°37′E，二者相差37°43′。由于地球自西向东自转，东边先到达正午，西边后到达正午，按1 h向东旋转15°计算，乌鲁木齐在长春正午之后2时31分才到正午。可见，乌鲁木齐和长春的真太阳时差异很大。当然计算出来的平太阳时的误差就更大了。但是，为了

交通、通信、科研、宇航以及人们生活的需要，又不能经常变换时间，于是人为地规定了标准时间。而把由当地的按地理经度所确定的平太阳时，叫做地方民用时、地方平太阳时或简称地方时、地方平时、平时。

不同经度的地方时不同。地方时只适用于本地和经度相同的地方。经度不同，地方时就不同。就是一个城市的东部和西部的地方时也是不同的。要计算跨经度或东西方向跨地区的地方时就要加上经度差修正。可用

时间差（h）= 经度差（°）/ 15（°/ h）

或 经度差（°）= 时间差（min）/ 4（min/°）

即 $(T_1 - T_2) = (\lambda_1 - \lambda_2) / 15$

或 $(\lambda_1 - \lambda_2) = (T_1 - T_2) / 4$

可计算出经度为λ_1、λ_2的两地的时间差（$T_1 - T_2$）。

上述公式中，若已知其中3项，就可计算出第4项来。

视太阳时减去时差就是地方平时，再加上经度差修正，就可求出某个时区的标准时，进而就可根据视太阳时来校正你的手表了。比如，修正为北京标准时可以用下式计算：

北京标准时 =（视太阳时 − 时差）+（120° − 经度）/ 15

例：沈阳8月1日视太阳正午，手表上是11时58分，这只表比北京标准时间是快还是慢，试校正一下。

解：查出8月1日时差为−6分14秒，沈阳经度为123°26′ E，代入公式

北京时间={12时 −（ −6分14秒)} +（120°−123°26′)/15

=11.875时=11时52分30秒

可见，你的手表快了。计算时，要注意单位的换算。比如统一为“度”和“时”，计算完了之后，再化为时、分、秒。

11时58分−11时52分30秒=5分30秒。

把你的手表指针往回拨5 min 30 s即可。

学会利用视太阳校正钟表的方法很有必要。不过，要记住

当地的地理经度，也别忘了带上“时差表”，在野外旅行中就能校准钟表了。

那么，什么是标准时和北京标准时呢？怎样确定的呢？

为了统一时间标准，国际上规定了划分时区的办法。1879年加拿大铁路工程师弗列明提出了分区计时的方法，1884年华盛顿国际会议上决定采用这一办法。它是根据经度相差15°，时间相差1 h的规律，将全世界划分为24个时区。

关于“世界时区的划分”，见图12。

时区划分的办法是：

（1）以0°经线为中央经线左右各7.5°即7°30′ W至7°30′ E的范围划为中时区，也叫零时区。

（2）在中时区以东，依次划分为东1～12时区，中时区以西也划分为1～12时区；

（3）每一时区跨经度15°，但是东12区和西12区在180°经线的两侧，各跨经度7.5°，共跨15°，合为一个时区。

（4）每一时区都有自己的中央经线，中时区的中央经线为0°经线，东、西1～12区的中央经线分别为东经、西经15°，30°，45°，60°……180°，其中180°经线是东、西12区合为一个时区的共同的中央经线。

（5）各时区都有一个全区共同使用的时间，叫做区时，也叫标准时。区时就是每一时区中央经线的地方时，把这个地方时作为该时区统一使用的标准时。例如，东8区的中央经线是东经120°，东8区的标准时就是东经120°的地方时，把这个地方时作为整个东8区的区时（标准时）。

（6）相邻两个时区的区时相差1 h。任意两个地方，它们之间相差几个时区，区时就差几h。如东8区和东12区的区时相差4 h；东8区和西5区，区时相差13 h。要注意较东的地方区时较早。比如东京为东9区，比北京早1 h。纽约在西5区比北京晚13 h，因此有“东早西晚”、“东加西减”之说。

世界时区的划分

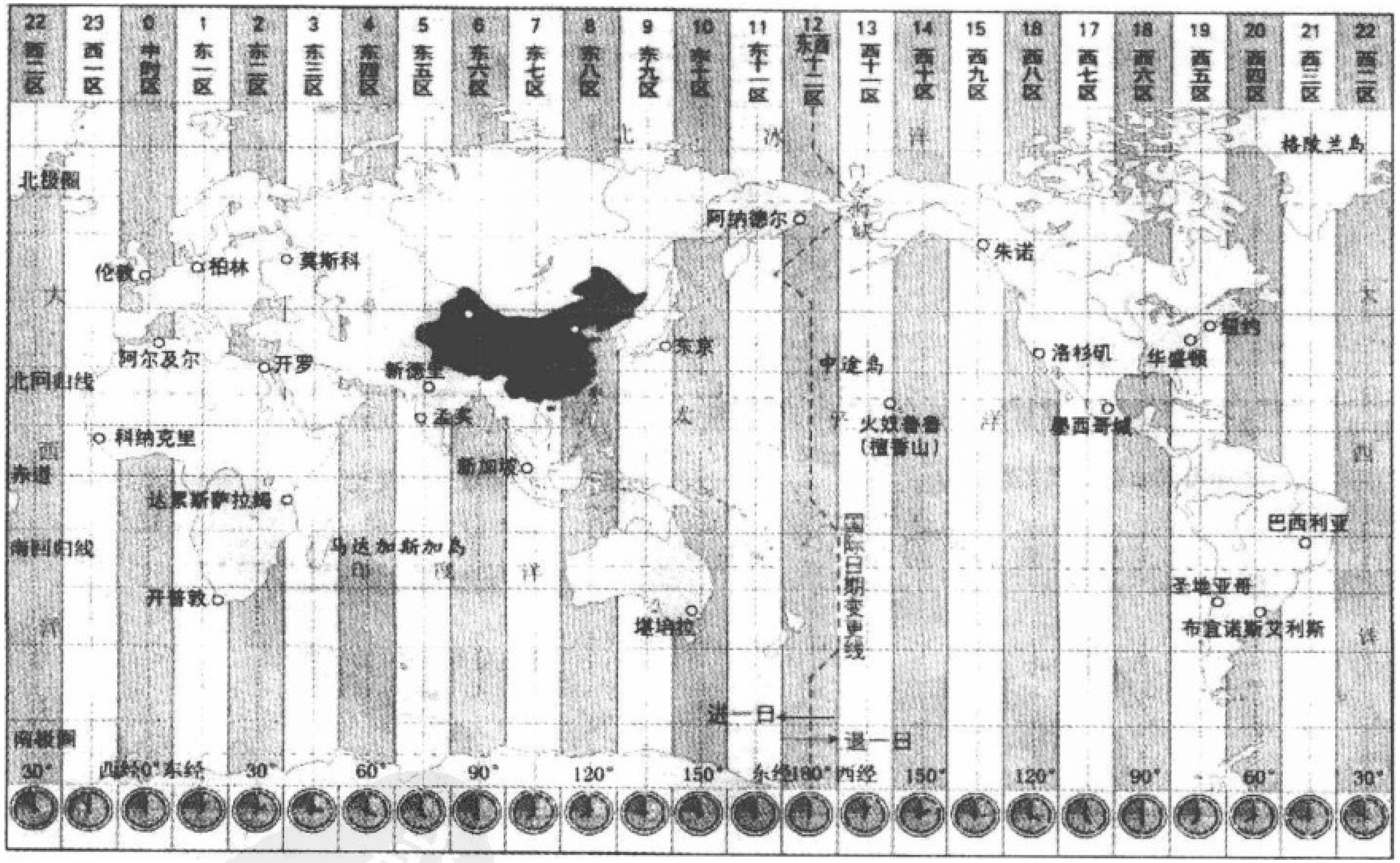
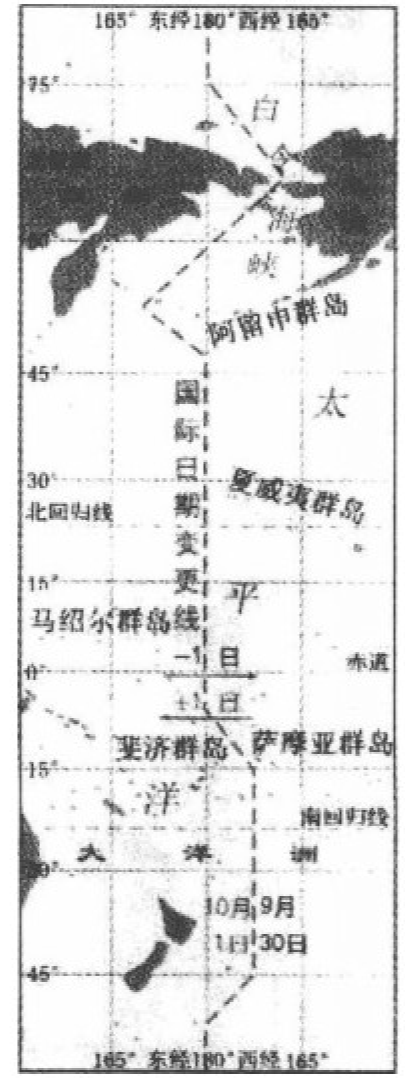


图12 世界时区的划分

国际日期变更线



（7）以零时区为标准计算的区时，就是世界标准时，简称世界时。如东8区的区时比格林尼治时间（伦敦时间）早8 h，即伦敦的世界时为0点时，北京的世界时为8时，纽约的世界时为前1 d的19时。

（8）180°经线是人为的日界线，某地新的1 d的范围是从该地0点时通过的经线向东至180°经线，这就是常说的：掌握0点线、180°线，确定新1 d。其余的经度范围均属前1 d范围。

相邻两个时区的时间相差1 h。例如，我国东8区的时间总比泰国东7区的时间早1 h，而比日本东9区的时间晚1 h。因此，出国旅行的人，必须随时调整自己的手表，才能和当地时间相一致。凡向西走，每过一个时区，就要把表向前拨1 h（比如2点拨到1点）；凡向东走，每过一个时区，就要把表向后拨1 h（比如1点拨到2点）。

我国幅员辽阔，东西相差5 000多km。西自新疆帕米尔高原73°40′ E，东至黑龙江抚远以东乌苏里江和黑龙江汇合处135°20′ E，东西经度相差61°40′，横跨东5—东9区，共5个时区。但我国规定，全国统一采用北京所在的东8区的区时，称为北京标准时间，简称北京时间或北京时。北京时间是东经120°为中央经线的东8区的标准时，即东经120°经线的地方平太阳时，不是北京的地方时。因为北京所在地的经度是116°19′ E，它与东8区的中央经线120°E的地方时相差14.7 min，即北京时间比北京地方时快（早）14.7 min。

我国全国统一采用北京时间对通信、交通运输都很方便。但由于我国东西相差4个h多，东边日出，西边刚过午夜，距黎明还有很长一段时间；西边日落，东边早已进入黑夜。由此，我国西藏、新疆等地的起床、上班、上课、午休、下班……时间都比北京地区推迟2～3 h。

事实上，世界上许多国家和地区都不严格按时区来计算时间。为了在全国范围内采用统一的时间，一般都把某一个时区

的时间作为全国统一采用的时间。例如，我国把东8区的时间作为全国统一的时间。又例如，英国、法国、荷兰和比利时等国，虽地处中时区，但为了和欧洲大多数国家时间相一致，则采用东1区的时间。

凡是东西横跨经度大的国家，比如俄罗斯、美国、加拿大、澳大利亚、巴西等国均分为若干个时区。美国由东到西包括西5—西10区6个时区。这6个时区分别采用不同的区时作为标准时间，这就是东部标准时间、中部标准时间、山岳标准时间、太平洋标准时间、阿拉斯加标准时间、夏威夷—阿留申标准时间（包括夏威夷州及169°30′W以西的阿留申群岛）。此外，还有美国属地大西洋标准时（西4区，包括波多黎各及美属处女岛），萨摩亚标准时（西11区，包括美属萨摩亚），查莫罗标准时（东10区，包括关岛及北马里亚纳群岛）。

俄罗斯东西横跨经度最大，原分作11个时区（东2—东12区）。2010年3月宣布将最东部的两个时区合并到东10区，现在分为9个时区。澳大利亚分作3个时区（东8，9.5，10区）。巴西分作2个时区（西3，4区）。也有的国家为了充分利用太阳照明，采用本国东部时区的中央经线的地方时作为标准时间。如朝鲜位于东8区和东9区之间，采用东9区的区时。印度根据国家的经度范围采用东5区东部边界经线的地方时作为标准时间（即东5.5区）。

有时为方便起见，取某时区中的主要城市名称命为时区名，如东8区的标准时称为北京时间。西5区即美国东部时间称为纽约时间，等等。为了方便旅客，各大型宾馆都设有钟表，向客人展示世界各地主要城市的时间。

地球自西向东不停地自转，黎明、中午、黄昏、午夜，由东向西依次到来，周而复始地在各地循环出现。那么，地球上新的一天从那里开始呢？这就有必要规定一条日界线。国际上规定把东、西12区的中央经线180°作为国际日期变更线，简称

日界线。因为东12区比中时区早12 h，西12区比中时区晚12 h。因此，在180°经线两侧的东12区和西12区便存在着两个不同的日期，二者相差1 d，但钟面上的时刻却是相同的。日界线以西的日期比日界线以东的日期多1 d。凡是越过日界线，无论由东往西还是由西往东，都必须改变日期。自东12区向东进入西12区日期要减去1 d；相反，自西12区向西进入东12区，日期要加上1 d。一线之隔，属于前后2 d。这样，旅行者的日期才能与当地的日期相一致，不致发生日期的混乱。

最近发生了一件有趣儿的事件。太平洋的岛国萨摩亚从当地时间的2011年12月29日起，把自己所处的时区西12区调整到东12区，以更好地促进同中国、澳大利亚及新西兰等国进行贸易。由于萨摩亚位于国际日期变更线以东，所以长期以来一直被誉为“世界上最后一个见到日出”的国家。不过调整之后，就处于国际日期变更线以西了，萨摩亚变成了世界上第1个看见日出的国家。

日界线在理论上是180°经线，为了避免日界线通过某些国家或地区的陆地给居民带来不便而在这些地区略作调整，通过海上，所以实际上日界线是一条曲折的线。至少作了3处调整，从北极开始沿180°经线至75°N，向东南通过白令海峡（170°W），向西南越过180°经线，绕过阿留申群岛西侧（170°E）回到180°经线，一直至赤道之南（5°S）左右，在图瓦卢群岛向东经萨摩亚群岛东侧，向南到汤加群岛之北（10°S，172.5°W），向南沿172.5°W经线，到新西兰南岛东侧（45°S，172.5°W）再向西南折回，继续沿180°经线经罗斯海到达南极。实际上，一些国家作了曲曲弯弯的调整，不一定是沿着某个经度的直线。前述萨摩亚的国际日期变更线向东突出，而新西兰东侧又向西弯曲收拢。地图上标注的呈直线状只是大致的走向。

这里再提醒注意的是，国际日期变更线（180°线）是固定

不变的，是人为日界线。180°经线上的钟点是不固定的，从0时到24时。其东侧为旧的1 d，其西侧为新的1 d。而某日的午夜0时经线，却是不固定的，可以是任何一条经线。它是该地1 d的开始，是自然日界线，它在不同经线上的各地是变化着的。但钟点是固定的，0时或24时。0时经线东侧为新的1 d，西侧为旧的1 d。掌握好180°经线和0时经线的位置对判断某地的日期和时间是有用的。

清楚了日界、时区、标准时、地方时的意义和计算、修正方法，走到哪里都能够独自判断日期和校正钟表了。

9. 日出、日没时刻的计算

前已叙及，在1 a中，太阳直射点在南、北回归线之间往返，周而复始。就是说，1 a中太阳直射点（太阳赤纬）是在23°26′ 21″ S和23°26′ 21″ N之间移动变化的，每1 d都在变化着。每天太阳赤纬的位置可以参考《中国天文年历》。本书附录给出了二十四节气日期及太阳的赤经、赤纬，可以计算各节气日的日出、日没时刻。

所谓“日出”、“日没”是有固定含义的。首先假定地球是光滑的标准球面，其上没有高山和海洋，没有崎岖不平的丘陵、山谷，而且光滑的地表面上还没有大气的干扰。我们把太阳露出地平线的一刹那叫“日出”，即太阳圆面的西侧边缘与地平相切的时刻；把太阳没入地平线的一刹那叫“日没”，即太阳圆面东侧边缘与地平相切的时刻。也就是在地理课本上讲的某地通过晨昏线的时刻，由夜间向白天过渡通过晨线的时刻就是日出时刻，由白天向夜间过渡通过昏线的时刻就是日没时刻。

可见，昼夜分界线就是晨昏线。晨昏线在地球上是连续的，围绕地球成为一个大圆，我们把它叫晨昏圈，即晨昏圈是一个大圆。顺地球自转方向由夜半球向昼半球更替的弧线是晨线；由昼半球向夜半球更替的弧线是昏线。对于白天而言，晨

线在西，昏线在东；对于夜间而言，晨线在东，昏线在西。晨线与赤道的交点地方时是6时；昏线与赤道的交点地方时是18时。在地球上，晨昏线的最北、最南点的地方时，要么是0时，要么是12时。晨昏线最北、最南点的纬度与太阳直射点纬度之和为90°。晨昏圈上各地距离太阳直射点的角度都是90°。太阳直射点正在某经线上，此时该经线上的地方时，处处均为12时。与该经线对面的经线，即相差180°的经线上各个地点的地方时均为0时。

北半球春分至秋分的夏半年，晨线在地球上呈西北—东南走向，昏线在地球上呈东北—西南走向；北半球秋分至第二年春分的冬半年，晨线在地球上呈东北—西南走向，昏线在地球上呈西北—东南走向；春分、秋分当天，晨昏线呈南北走向，通过南北极点，即与经线（子午圈）重合。夏至和冬至时晨昏线与南、北极圈相切。在一年中，随着地球的公转，晨昏线在极点和极圈之间往返摆动，因此形成了季节的变化和晨昏线走向的变化。

以上关于晨昏线的基本知识应该掌握，以便判断和比较同一经度上不同纬度或者同一纬度上不同经度的二地的日出、日没的早晚。

晨昏线不停地在地球表面上自东向西移动，每4 min向西移动1°，每1 h向西移动15°，这是地球自西向东自转的反映。随着晨昏线向西移动，同一纬度上东部日出早，西部日出迟；东部日没早，西部日没迟。可见日出、日没不仅和季节、所在地的纬度有关，而且和经度有关。因此就提出了下面的计算公式。

计算以北京时间为标准的日出、日没时刻T的公式：

$$T = 12 - \{\cos^{-1}(\pm\tan\varphi\tan\delta) - (120° - \lambda)\} / 15$$

式中，δ为太阳直射点纬度（即太阳赤纬，在23°26′ S ~ 23°26′ N之间变化）；φ为所计算地点的地理纬度；λ为该地的地理经度；（120°−λ）为以北京时间为标准的经度差修正；$\cos^{-1}$为余

弦函数的反函数；12为以正午为起算点；15为将度数换算为时数的系数，每h移动15°。

正切函数$\tan\varphi\tan\delta$前取负时，T为上午日出时刻；取正时，T为下午日没时刻，若表示为24时制，需加上12。

此式未考虑大气折光和太阳视半径的影响，把太阳仅仅当做一个发光点来处理的，因此计算结果会有几min的误差。

例如，沈阳$\varphi = 41°46' N$，$\lambda = 123°26' E$，夏至日$\delta = 23°26' N$，计算结果：日出为4.253时，即4时15.1分，日没为7.289时，即19时17.3分。

大连$\varphi = 38°54' N$，$\lambda = 121°38' E$，夏至日按上述公式计算结果：日出为4.526时，即4时31.6分；日没为7.256时，即19时15.4分。

且由此可得出，沈阳夏至日的昼长为15 h 2.2 min，夜长为8 h 57.8 min；大连夏至日的昼长14 h 43.8 min，夜长9 h 16.2 min。进一步可以看出夏至日越往北白天越长，夜间越短。冬至日恰恰相反，越往北白天越短，夜间越长。

使用带有三角函数的计算器可以分步计算或者一次连续计算。

有了日出、日没时刻，就可以计算该地点的昼长和夜长了。正午太阳高度最高，此时到日出和到日没的时间相等，即上午和下午的时间长短对于正午是对称的。同理，上半夜和下半夜对午夜也是对称的。

这一公式没有考虑地表地形及早晚近地面层大气的波动、折光作用的影响，因此，在山区，日出很晚，日落很早。在海洋上没有到日出时刻，可是太阳已经呈扁椭圆状漂浮在东方地平线之上。这是由于低空空气密度大，使光的行进方向发生折曲造成的。这种现象在广阔的东北大平原上，往往也能出现：尚未到日出时间先看到太阳在东方地平线以上，已经到日落时间了，西边的太阳却迟迟不落到地平面以下，这样就延长了白昼时间，这对工作和生活是十分有益的。

10. 晨昏蒙影（暮曙光）和白夜

日出时刻之前，日没时刻之后，有一段时间仍比较亮，在室外可以看书，可以干活。这是高空大气对太阳光散射造成的。日没，太阳光盘的上缘（东部边缘）已经没入地平线以下，天空仍有微弱的光亮，黑夜并不马上来临，这段时间叫黄昏，也叫暮。这段时间内的光亮就叫暮光（昏影）。拂晓，太阳光盘的上缘（西部边缘）尚未升到地平线上，天空已有熹微的光亮，这段时间叫黎明，也叫曙。这段时间内的光亮就叫曙光（晨光）。晨光和昏影合起来称为晨昏蒙影（也叫暮曙光）。

一般认为，当太阳中心在地平线以下7°时，即太阳高度在0～−7°之间的时间，称为民用晨光（曙光）或民用昏影（暮光）。此时，天顶附近的亮星（一等星）开始消失或出现。这时在户外不需要照明，可以看书、读报、下棋，照常工作。民用暮曙光的长度一般有28～48 min，随纬度和季节略有变化。北京夏至时民用暮曙光有39 min，长春有43.5 min。

当太阳中心在地平线以下12°时，即太阳高度在−7～−12°之间的时间，称为海洋晨光或海洋昏影。此时，海面水平线模糊可见，航海人员可以利用海岸目标物在海上确定方向，不需要信号灯，可以航行。

当太阳中心在地平线以下18°时，即太阳高度在−18°，称为天文晨光（曙光）始或天文昏影（暮光）终。在天文晨光始之前或天文昏影终之后，高层大气分子散射来的光线十分微弱，天空相当黑暗，甚至看不清对面8 m处的人影，漆黑一片，可以看到夜空中最暗的星星（6等星）。

纬度越高，太阳升落与地平线斜交交角越小，升落速度越慢，晨昏蒙影延续时间也就越长。就季节而言，晨昏蒙影夏季短些，冬季长些，这是因为冬季太阳升降轨迹与地平线交角更小些。

各纬度各日期的民用晨光始、昏影终和天文晨光始、昏影终

的时刻以及晨昏蒙影的持续时间都可在《中国天文年历》中查到。

在纬度48°34′～65°34′之间的地区，北半球接近夏至时，会出现暮曙光相连的白夜地带。这一地区由于暮曙光的延长，在暮光结束之前，就出现曙光，黄昏和黎明衔接着，整个夜间没有真正的黑夜，午夜也是微明的。这种在较高纬度晨昏蒙影（暮曙光）不消失的夜晚，称为白夜。显然，在有白夜的地区，民用昏影刚刚结束，民用晨光随即开始。比如，位于北纬59°57′的俄罗斯名城圣彼得堡4月中旬进入白夜季节，夏至时21时3分日落，2时35分日出，民用暮曙光2 h，天文暮曙光4.5 h。日没和日出通过白夜相连，没有漆黑的夜晚，于是诗人普希金吟诵道："不让黑夜冲进那金黄的天空，一种霞光从容地替换了另一种……"

在我国，黑龙江省黑河以北，大兴安岭根河、加格达奇以北地区，夏至前后均可欣赏到白夜景色。漠河（53°28′N）黑夜只有2 h左右，23点黑夜开始，一两点钟天就亮了。原黑龙江省省长杨英杰曾描述过漠河的白夜景观。他写道："夏天日出东北，日落西北。漠河的晚上别有一番风光，夏至前后几乎没有黑夜，凌晨1点天明，3点半日出，晚上8点半日落，11点天黑，短暂的黑夜转瞬即逝，瑰丽的晚霞和黎明的曙光相连。到了凌晨2点多钟，雄鸡高唱，接着是朝霞满天。太阳落山很晚，迎来漫长而明亮的黄昏，天空的晚霞由深红而淡红而浅黄，在西北的地平线上一直延迟到午夜时分。5月中旬以后，人们可以在室外看书、下棋，甚至在江上捕鱼。"漠河真不愧是我国的"不夜城"。冬至前后，白天只有4～5 h，早晨9时见到太阳，下午两三点钟就出现幽蓝色的夜空，若明若暗的北极星微微颤动，开始了漫长的夜。人们还常常看到宁静的北方天空升起五彩缤纷、辉煌艳丽的光弧，这是高空大气受到高能粒子的撞击、激发而发射出的光辉——北极光。

再往北，接近北极圈，夏至时会看到日没和日出相连。这

时北极圈内属于极昼。在纬度65°34′N～67°34′N之间，夏至前后有好几天太阳在低空地平线之上附近连日盘旋，半夜见太阳的奇异景观。其他日子则是暮曙光延续时间很长，白夜现象延续时间也很长。理论上，只有夏至这一天在北极圈上才有24 h白昼，实际上纬度65°34′N夏至日这天就有24 h不落的太阳，比理论上减低了1个纬度（约111 km），这是因为受地球地表面的弯曲和早晚大气折射产生的蒙气差造成的，延长了白昼时间。冬至前后相反，一连有好多天见不到太阳。

当进入纬度67°34′N～83°34′N之间的地带，在6月有连续不断的白昼，太阳在低空地平线之上盘旋。12月有连续多天的黑夜，太阳升不到地平线之上。春秋季节，常常是早晨的曙光和黄昏的暮光持续时间很长，它们衔接起来，构成暗昼。暗昼和白夜的照度是相似的，但暗昼中曙光和暮光的衔接不是经过子夜，而是白天中午时分。这一点与白夜不同。也就是在暗昼中熹微的薄明代替了白昼，而在白夜中却是暮光和曙光代替了黑夜。

68°56′N的摩尔曼斯克是俄罗斯在北极圈内的最大城市和不冻港。每年12月2日至次年1月18日的40 d中，尽管人们见不到一丝阳光，可是暮光和曙光连接着，正午出现暗昼景观。1月18日这一天按当地习俗是“太阳节”。中午太阳露了一下脸，顿时全城一片欢腾。可惜，好景不长，太阳只是“昙花一现”，马上又躲进了夜幕。不过从“太阳节”起，太阳在该城停留的时间一天比一天长了。从此，暮光的结束和曙光的开始时间逐渐靠近午夜，最终在春季出现白昼和白夜的交替。夏季有70多d太阳连续在天空熠熠闪光。此时，摩尔曼斯克玫瑰吐蕊，茉莉喷香，野草莓结出果实，家家户户收起灯具，因为没有了黑夜，不需要人工照明了。

1982年，一位文人到达挪威北部的特罗姆瑟（69.5°N），留下了一首小诗，描述那里的日不落景观：特罗姆瑟城，极北有奇观。长夏日不落，绕行地平线。徐徐向北移，冉冉过树端。

红晕射天半，彩霞逼眼帘。半夜见旭日，其乐勿须言。宁愿站通宵，目随红日走半圈。2001年夏季，新华社高级记者、探险家张继民在挺进北极中，到达特罗姆瑟。他描述北极圈里这座小城的美妙：那里有6万人口，山上终年积雪，山下枝繁叶茂，生长大量的针阔叶林。夏季，太阳在近地平线处绕行，夤夜不落。正午太阳高度有45°（应当是43°56′）。傍晚，一轮红日垂于西天，霞光四射，冉冉向北移动。时近半夜，仍有太阳在近地平线的低空悬着，其高度大约2～3°（应当是2°56′）。虽比中午低了许多，但仍放射着她的光辉。

在纬度高于83°34′N的地区，是地球上光明和黑暗交替最复杂的地区。从夏至到冬至的半年内可分为5个阶段：①连续不断的白昼，称为极地永昼期（极昼期）；②白昼和薄明的交替，交替的时间在半夜，没有真正的黑夜，有白夜现象；③连续不断的薄明，没有真正的白昼和真正的黑夜，只有白夜和暗昼；④在一片暗昼的薄明中到了半夜前后有一段比较黑暗的时间；⑤完全由黑暗来统治，这就是极地永夜期（极夜期）。而在冬至到第2年夏至期间，重复着同样的现象，不过出现的次序与前述相反——先由第⑤阶段开始，然后逐渐经过第④③②阶段，再回到阶段①。再重复①②③④⑤5个阶段。

由于北半球冬季地球运行到近日点附近，北极圈内各纬度上的极夜期短一些，夏季地球运行到远日点附近，北极圈内各纬度上的极昼期长一些。再加上大气的折光作用，极昼、暗昼、白夜的时间均有适当延长。

可见北极圈附近由于大气的存在，太阳光通过高层大气的折射和散射延长了地面的照明时间。这种延长照明的作用越向高纬度越显著。暮曙光衔接起来构成高纬度的白夜和暗昼，是一种具有特色的美景。由于延长了照明时间，在那里，夏至前后可以终日利用太阳确定方向和时间，没有日落的影响，这既是一种奇妙的景观，更是可以充分利用的自然规律。

四、利用月亮判定方向和时刻

皎洁的月光，洒满大地，亘古以来就给人以无穷的遐想。月面不仅绰约美丽，婀娜多姿，而且有时一弯微露，有时半遮面容，有时又全盘明亮，阴晴圆缺，给人以诗情画意。

中秋节的习俗是合家团聚，吃月饼，赏月。据说，嫦娥妒恨丈夫后羿的薄情，偷吃了不死之药，于八月十五之夜飞上了月宫。由此衍生出了祈望全家团圆、民间祭月的文化。这实际上反映了我们民族的先民对月亮的崇拜。

月宫中那些美丽动人的传说故事，家喻户晓，人人喜爱。嫦娥、桂树、玉兔和吴刚，夜夜陪伴着我们，她能告诉我们什么呢？

赏月佳联，妙趣横生。“月月月明，八月月明明分外”、“中秋赏月，天月圆”、“天上月圆，人间月半，月月月圆逢月半”。又赋予月亮以众多的美称与雅号：初月如钩，叫玉钩；弦月如弓，叫弓月；满月如轮如盘，叫玉轮、玉盘；月亮有盈有亏，于是月亮又叫盈虚；传说月中有桂树、广寒宫，叫桂月、广寒；传说嫦娥住在月中，叫月亮为嫦娥；人们常把美女比作月亮，又叫月亮为婵娟。这些联语雅号又能告诉我们什么呢？

您知道嫦娥奔月的故事吗？

据考察，嫦娥最早叫常羲，常羲最早见于战国时《山海经·大荒西经》。“羲”古音读“娥”，嫦娥就是从这儿演变来的。到了汉代，嫦娥奔月的故事已经出现。《淮南子》中说：“羿请不死之药与西王母，姮娥窃以奔月，托身于月，是为蟾蜍，而为月精。”姮原作恒，汉文帝时，与其名号相同，为了避讳，改为姮。姮是常见的意思，后来又改为常娥。中国人为了更加突出女子，所以喜欢在女子名字上加一个“女”字旁，于是就成了

现在的“嫦娥”。到了唐朝，嫦娥逐渐被人喜爱，文人墨客将这一神话加以美化、渲染写进诗中，如李白《把酒问月》中有“白兔捣药秋复春，嫦娥孤栖与谁邻”。李商隐《嫦娥》诗：“嫦娥应悔偷灵药，碧海青天夜夜心。”……

民俗家说，月亮是温柔可爱的，只能和真善美结合，于是人们就将嫦娥说成是月宫的仙女，将蟾蜍说成玉兔，就形成现在的说法。表现了人们对真善美事物的追求。据报道，进入上世纪90年代后期，随着各国科技的不断攀升，对月球的开发和利用再次被提上日程。

如今，随着2007年“嫦娥一号”、2010年“嫦娥二号”探月卫星的发射，我国已经跻身于探月大军行列，成为继美、苏、日之后第四个成功发射探月飞行器的国家。目前，其他老牌探月军也已摩拳擦掌，美国预计2020年之前派宇航员重返月球基地；俄罗斯将在2025年前实现宇航员登月；英国、德国“跳出”欧空局，打算自立门户开始探月工程。印度于2008年发射首枚月球探测器“月船1号”。我国将于2020—2030年实现载人登月。围绕月球的探索和竞争，现在又掀起了新一轮的热潮。

这一讲我们将讲一讲月球的情况以及利用月球的运动规律判断方向和时间的问题。

1. 月球的概况

我国古人对于月亮的魅力，尤其是她那阴晴圆缺，幻想中的月宫境界，常常假借月光的比附，抒发人间的悲欢离合之情。从而发出慨叹，“明月几时有？把酒问青天。不知天上宫阙，今夕是何年……”感叹人间寂寞，由此萌生“我欲乘风归去”的意念。看来，月宫真是一个富有神秘色彩、富有梦幻、富有遐想的胜境，引出了多少人去猜想，去月宫探秘！

多少世纪以来，人类一直梦想遨游月宫，随着空间技术的

发展，这一愿望终于在20世纪中期，1969年7月21日阿波罗11号登月，才有人真正实现了登上月球的梦想。美国宇航员阿姆斯特朗曾经说过，“人类第一个向往登上月球的人是谁？是中国古代一位美丽的姑娘……那位中国姑娘就是嫦娥。”月球、中国、嫦娥，这三个关键词组合在一起，让我们对浪漫有了更现实的憧憬。

2000年10月，时任我国国家航天局局长的栾恩杰宣布：“在空间探测方面，将实现月球探测。”一个月后，中国政府以航天白皮书的形式表示要“开展以月球探测为主的深空探测的预先研究”。2003年“嫦娥工程”正式上马。2004年在经济、技术都成熟的条件下，中央批准了实施嫦娥工程，公布了首次探月计划。2007年10月24日发射绕月探测飞行的“嫦娥一号”卫星。2010年10月1日发射了“嫦娥二号”卫星。人类探月分为三大步：探月，登月，驻月。中国探月分3步：绕、落、回，嫦娥二号是为“落”做准备。大约再用10 a，实施登月，那时中国宇航员将登上月球并在月球上行走、取样，进行科学实验。

月球探测具有重大意义，可以充分展示综合国力，鼓舞民族自尊心，增强民族凝聚力。实施探月工程是维护我国月球权益的需要，它将为人类开发利用月球资源做准备，带动和促进我国基础科学和高科技的发展，促进深空探测活动，促进我国经济可持续发展，促进空间天文观测和研究的深入，还将推动中国航天领域的国际合作。

月亮是俗称，学名叫月球。月球是地球唯一的天然卫星，是距离地球最近的天体。月球的平均视直径为31′5.2″，略小于太阳的视直径（31′59.3″）。月球半径为1 738 km，约为地球半径的3/11。月球的表面积大约为地球的1/4。体积为地球的1/49。月球质量为7.35×10^{25}g，平均密度为3.34 g/cm^3，相当于地球平均密度的3/5。

月球表面没有大气，几乎处于真空状态。没有任何形态的水，是一个荒凉、寂静、没有生命的世界。月球表面非常荒凉，除了岩石及其碎屑——月壤之外，几乎什么都没有。月球上没有大气，月面上的声音无法借助空气传播，因此月球是一个寂静的世界，万籁无声。也因为没有大气，不会散射太阳光，因此在月球上看天空背景总是黑暗的。星光的质和量都因为没有大气的吸收、散射而保持原有的状况，因此，月球是观测天体和探索宇宙空间最理想的场所，是人类飞向宇宙空间的天然的中途站。又由于月球上没有大气和水的调节，加上月面物质的热容量和导热率都很低以及月球上昼夜交替周期长，一昼夜达一个月之久，因而昼夜温差很大，达300 ℃之多。白天，在阳光垂直照射的地方温度高达127 ℃；夜晚，温度可降到-183 ℃。满月时的亮度平均为-12.7等，它给大地的照度相当于100W电灯在21 m处的照度。

2. 月球的运动与月相

“仰头看明月，寄情千里光。”月有盈亏圆缺，周而复始，循环有序，其规律人人所见。在地球上看月球，有时全部黑暗，叫新月（朔）；有时像柳叶，叫蛾眉月；有时成半圆，叫弦月；有时呈大半圆，叫凸月；有时如一轮明镜，高悬夜空，叫满月（望）。月球这种圆缺盈亏变化的各种形状就叫月相(图13)。

月球沿着椭圆轨道绕地球转动，这条轨道叫白道。月地平均距离为38.44万km，约为地球半径的60倍，是日地距离的1/389。最近距离为36.4万km，最远为40.6万km。

地球绕太阳运动的公转轨道面（黄道面）和月球绕地球运动公转轨道面（白道面）的交角在4°58′ ~ 5°20′之间变化，平均为5°09′。

由于月球的公转轨道呈椭圆形，它在轨道上的运动速度就

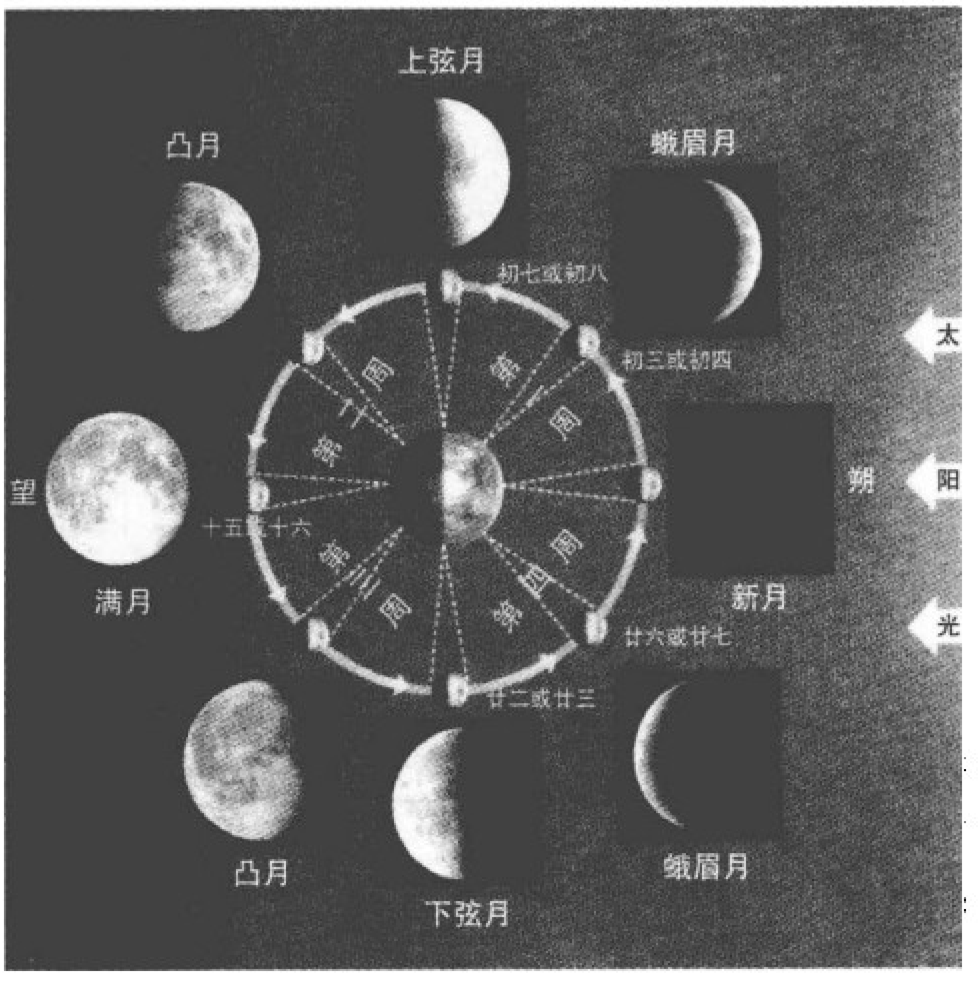


图13 月相成因

有快有慢，按照开普勒第二定律，在近地点时快，每日约15°；在远地点时慢，每日约11°；平均13.2°（13.176 4°）。可见月球除东升西落外，它每天还相对于恒星自西向东平均移动13°多。因此，月亮每天升起来的时间，比前一天约迟52.8 min。月球的东升西落是地球自转的反映；而自西向东的移动却是月球围绕地球公转的结果。月球绕地球公转一周叫做一个“恒星月”。月球绕地球公转的同时，它本身也在自转。月球的自转周期和公转周期相等，月球绕地球一周的时间也就是它自转的周期，就是一个“恒星月”，都是27.321 66 d（27 d 7 h 43 min 11.4 s），所以月球总是同一面面向地球。自转和公转的方向相同，都是逆时针方向。

值得注意的是，月球围绕地球公转的中心并不在地心，而是月球和地球共同围绕它们的公共质量中心绕转。即月球和地球相互绕转组成一个天体系统，叫地月系。月球和地球的共同质心在地球内部，距地心4 671 km，即距地表1 700 km左右。

在相互的引力作用下，月球和地球就像两个绕转着的姊妹，相伴着沿地球公转轨道，在太阳系空间运行。

月球在绕地球运动的过程中，还要跟着地球一起绕太阳运动。这就是说，月球绕地球运动一周后，再回到的空间位置已不是原出发点了。月球的运动和其他天体一样，在运动过程中要参与多种系统的运动。

月球和地球一样，自己不发光也不透明，全靠反射太阳光。迎着太阳的半球亮，背着太阳的半球暗。由于日、地、月三者的相对位置随着月球绕地球自西向东运行而不断变化，因此地球上的人见到的月球被照亮的部分也不断变化。从而产生了不同的视形状，形成了新月（朔）—上蛾眉月—上弦月—上凸月—满月—下凸月—下弦月—下蛾眉月—新月（朔）的月相周期性更迭，周而复始地重复，很有规律。这就给人们提供了一种计量时间的尺度。月相变化的周期就是日月会合运动的周期，也就是朔望周期，是一个朔望月，其时间长度为29.530 6 d（29 d 12 h 44 min 3 s）。我国农历是严格依据朔望周期来定月的。

由于地球自转的角速度比月球公转的角速度大得多，所以地球上的人们能较长时间观看月相，即月相变化在人们眼中的变化速度是缓慢的。在一夜之中很难看出月相有什么变化，只有在农历一个月里才能依次看到月相的变化。具体地说是：

农历初一，日、月、地走在一条直线上，月球在中间。在地球上的人看来，日月的视角差为0°，即月亮和太阳同方向，月亮和太阳同升同落，这时月亮和太阳“相合”，叫“合朔”，这一天叫朔日。朔日时，月亮的暗半球朝向地球，在地球上看不见月亮。

农历初三四，月亮移动到太阳的东方，凸弯向西，此时日月的视角差为0～55°。实际上我们大约只看到整个月球的1/8。日落时，月亮在西南方低空像一把窄窄的镰刀，说它是一钩弯月，又像蛾子的眉，形容其细，叫蛾眉月。因为在上半月，所

以又叫上蛾眉月。它步随太阳之后很快落山。此后，镰刀形月一天天变粗变大，明亮部分一天天增加，一天天远离太阳，月亮西落的时刻也一天天推迟。

农历初七八，月亮继续向东运行，运行到日—地连线右侧的垂直方向。太阳落山时，月亮在头顶的南方，日月的视角差为90°，成半个亮面，实际上我们只看到整个月球的1/4，凸面向西，叫上弦月。

上弦过后，月亮的明亮部分一天天凸起来，到农历十二三，日月的视角差为90～150°，出现大半个明亮的月亮，实际上我们大约看到整个月球的3/8，叫上凸月。

农历十五六，月亮走在日、地、月的一条直线上，月亮在连线的外侧，地球在中间。太阳在西边落下，一轮明月在东边升起，日月之间的视角差为180°。从地球上看，在天球上月亮和太阳两者正好处于相对的对面，因此有"日月相望"。月球的亮半球朝向地球，因而我们看到的是圆圆的满月，叫望月。实际上我们只看到月球的1/2。午夜时圆月升得最高，处在当地子午线（南北线）上，依此可判断南北与东西。直到东方日出，满月才在西方徐徐落下。

过了望月，月亮明亮部分一天天缩小，到农历十七八，此时日月的视角差为180～240°，月球已经转入太阳的西侧，剩有大半个亮月面，实际上我们看到月球的3/8，叫下凸月。

农历二十二三，月球移动到日—地连线左侧的垂直方向，此时日月的视角差为270°，有半圆的明亮面面向地球，实际上是月球的1/4。这时月亮午夜从东方升起，直到天明日出，才走到最高位置，凸面向东，与上弦月的凸面方向相反，叫下弦月。

农历二十六七，日月的视角差为270～330°，月面的明亮部分逐渐变小，又成了镰刀形，实际上我们只看到月球的1/8。镰刀的两个尖角重新反对着太阳，亮面凸弯向东，与上娥眉月的弯曲方向相反，叫下蛾眉月，也叫残月。

到农历月末（二十九或三十），月亮又和太阳趋于相合了，到农历初一，日月地又成一直线，日月之间的视角差又重新回归到0°，进入了下一个朔日。此时天空中黑洞洞的，一整夜看不见月亮。

月相变化规律是制定我国历法中的农历月和阿拉伯民族阴历月的依据。这种规律和日月会合的周期有关。

人们非常关注日月会合的周期，因为它和月相的变化、日月食的出现、潮汐的大小，以及制定历法有密切关系。

日月会合的周期是怎样的呢？月球绕地球运动，并随着地球绕太阳公转的过程中，日、月、地的相对位置周期性地发生变化。我们可以在天空看到日、月周期性的会合与分离，这就是日月会合运动。

当第一次日月合朔，同时与某颗恒星方向一致，经过一个月后，月球运行到另一位置，又与该恒星方向一致，这就是一个恒星月。但此时，月球尚未合日，它还需要再运行一个θ角，才能与太阳相合，成为朔。很显然，θ角就是在一个朔望月内地球绕太阳运行的角度，它和月球运行$360°+\theta$所需要的时间相等(图14)。

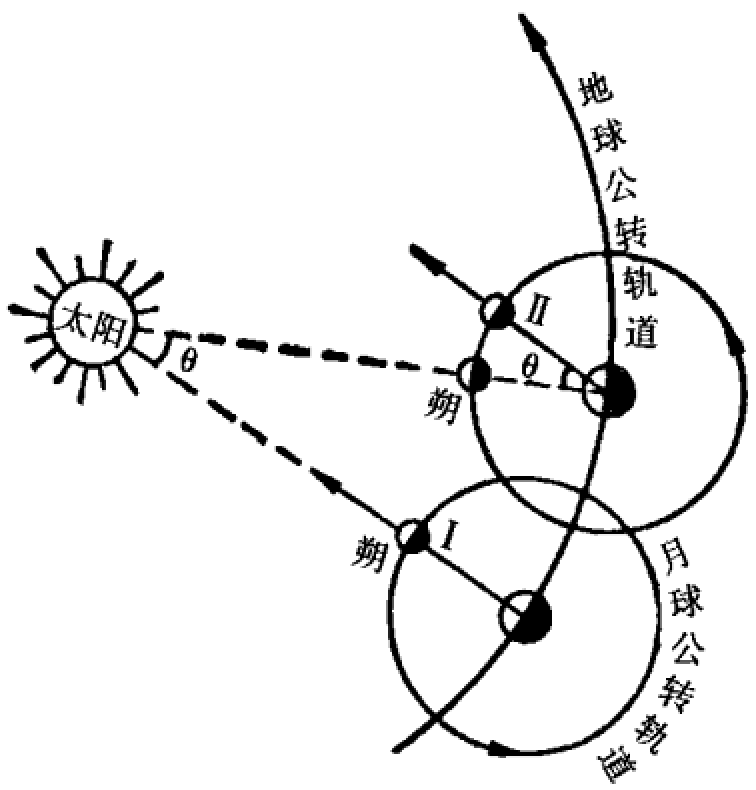


图14　朔望月与恒星月的关系

设T为恒星月的长度，为27.321 66 d。E为地球围绕太阳公转的周期（恒星年），为365.256 4 d。S为朔望月周期的长度。在一个朔望月内，

地球运行的角度：$\theta = 360° \times S/E$ （1）

月球运行的角度：$360° + \theta = 360° \times S/T$ （2）

将式（1）代入式（2），消去θ，并化简，得到下列朔望月长度与恒星月长度、恒星年长度之间的倒数方程式。

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E} \qquad (3)$$

将T、E值代入式（3），可得出朔望月S的长度为29.530 587 d。

这个关系式叫日月会合运动方程。日月会合运动的周期就称为朔望月，即月球连续2次合朔所经历的时间。它比月球绕地球公转的周期要长2.21 d（2 d 5 h 0 min 51.6 s）。同样，由第1次望日对正某颗恒星起算，月球中心连续2次由西到东回到同1颗恒星方向所经历的时间是1个恒星月，只需要27.32 d，再经过2.21 d才出现第2次满月，2次满月之间需要29.53 d。可知，朔望月比恒星月长。

3. 月相与我国的农历历法

我国的传统历法是农历。早在2 000年前的周朝就广泛应用于广大农村了，并结合二十四节气用以指导农事活动，因此叫农历。其实农历是阴阳合历（简称阴阳历），既不是阴历，也不是阳历。

农历是严格规定月首是“朔日”。所以阴阳历的历日是有明显的月相意义的。单纯考虑12个朔望月为1 a，时间长了，将会出现月份与农业节气不相符合。为了保持日序和月相变化相互对应，并使年中时令节气与农事活动相差不远，就把朔望月和回归年合理地协调起来，创造一种新型历法——阴阳合

历。这是我国古代人的独创，从夏朝就开始了。因此也叫夏历。

制定农历历法时，将日月合朔（太阳和月亮的黄经相等）定为月首，即把朔日安排在农历每月初一。农历每个月的日数只能取整数，所以有的月份30 d，称大月；有的月份29 d，称小月。12个朔望月为1 a，共354或355 d。由于月亮的朔望周期与节气之间的长度不能通约，一个回归年365.242 2 d而12个朔望月是354.367 2 d，与回归年相差将近11 d。如此赶来赶去，16 a后，春节将出现在赤日炎炎的夏天，本来庆祝农业丰收的中秋节则出现在刚刚脱去冬装天气乍暖还寒的初春。这就给农业生产和生活带来极大的不便。

怎样调整朔望月和回归年的关系呢？

我国古代人非常聪明，为了解决月球围绕地球运动的周期（朔望月）和地球绕太阳运动的周期（回归年）相合，使季节、日期、时分秒差异不大，而采用19 a加入7个闰月的办法，进行调整。“十九年七闰”也是我国古代历法的独特的创造，早在公元前6世纪的春秋时代就开始应用了，一直沿用至今。闰月放在前1个月之后，仍然叫前月之名，不过在月名之前加一个“闰”字。“闰”字具有偏、副、从属、附带的意思，与“正”、“主”相对。“闰月”则表示本月是副的，是从属于前边“正月”或“主月”的1个月。比如闰三月、闰五月是前边正三月、正五月的副月。这样安排就使农历的月份和四季冷暖基本相符了。

经过推算，19 a加入7个闰月比较符合实际。因为：

19个回归年 = 19 × 365.242 20 = 6 939.601 8 d，

19 a中有12 × 19 + 7 = 235个朔望月，共有235 × 29.530 59 = 6 939.688 65 d。

二者相差极小，1 a中仅仅差约6.6 min。

怎样安排闰月呢？闰月安排在哪个月并不是哪位天文学家

或某某人心血来潮随心所欲任意安排的。根据中国古代关于二十四节气的含义，把“节气”称作“气”，每个月内含有2个气，前面的叫节气，后面的叫中气。按古人规定，每个月由其所含的中气来表征，每个月必须对应1个中气。如含有表示北半球白天最短的“冬至”的月份是十一月；含有表示降雨增多的“雨水”的月份是正月；含有表示暑天结束、气温开始下降的“处暑”的月份是七月；含有表示昼夜平分的“春分”、“秋分”的月份分别是二月和八月，都属于中气。各月的节气和中气分配如表2。

表2 各月的节气和中气分配

农历月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
节气	立春	惊蛰	清明	立夏	芒种	小暑	立秋	白露	寒露	立冬	大雪	小寒
中气	雨水	春分	谷雨	小满	夏至	大暑	处暑	秋分	霜降	小雪	冬至	大寒

由于2个节气之间的平均日期长于朔望周期，相差近1 d，因此中气在农历月份中的日期会逐月有大约1 d的推迟。这样下去必然有的中气正好落在这个月的最后一两天，下个月就没有中气了，而出现在再下个月的月初。按前述，每个月要有自己固定的中气，于是就把没有中气的这个月作为前1个月的“闰月”。这是西汉天文学家邓平和落下闳制定《太初历》时规定的，这种置闰方法也一直沿用至今。譬如，2012年“小满”在四月三十（5月20日），“夏至”在五月初三（6月21日），可见四月之后有一个完整的朔望月，没有中气，这个月就定为闰四月，是前一个月的闰月。闰四月里只有“芒种”一个节气，在闰四月十六（6月5日）。

地球在远日点附近运动得慢，使2个中气的间隔达到最大(34.45 d)。于是这段期间的历月里不包含中气的机会就较多。因此三、四、五3个月出现的闰月次数也相应地多些。相反，

地球在近日点附近运动得快，使2个中气的间隔达到最小（只有29.43 d）。这段时期的历月里总要包括1个中气，即使没有中气也规定不加入闰月。因此农历十一月、十二月、正月是绝对不会有闰月的。有了这样规定，才能在19 a中正好安插7个闰月。

用这种办法较好地协调了月亮的朔望周期和地球绕日运动的周期。既考虑到月球围绕地球的运动，又考虑到地球围绕太阳的运动，使含有7个闰月的19个农历年与19个回归年的长度相差无几，又巧妙地安排了闰月的位置，协调了回归年和朔望月的日数不通约的矛盾。这种阴阳合历，就是中国现行的农历，是古代中国人对历法独特的发明和创造。

这种状况可由农历每月初一日期、节气日期、闰月设置情况，经过19 a后基本上重复出现得到印证。翻一翻万年历就可看到这个规律。这样，阴阳历的月份和季节可以在较长时期内保持一致，就不会出现冬夏倒置寒暑失序的现象了。

4. 月相与方向、时刻

一个晴朗的黄昏，我们看到一钩弯月，农历正逢初四，能够根据这月牙来判断方向吗？当然能够。这时这一钩弯月大致在西南方，突出的一边正对西方。若是上弦月（农历初七八），月亮大致在南方。若是看到大半个月亮（农历十二三），月亮大致在东南。若是看到一轮满月（农历十五六），圆月的方向大致是东方。不过，傍晚的时刻不同，它们将不断向西移动。

如果是清晨，看到满月，是在西方。看到大半个月亮（农历十七八）在西南。看到下弦月（农历二十二三）在南方。看到蛾眉月（农历二十六七）月大致在东南，突出的一边正对东方。到月末就看不见月亮了。

在一夜间，由于时刻不同，它们的位置是不同的。每经过

1 h，月亮向西移动15°。观察月亮通常在傍晚到半夜，在凌晨看月亮更会加深体会月相的变化规律。最好选择天气晴朗、透明的夜间，不受云层的干扰。

上面的方法只有在春分、秋分前后才比较准确，夏至和冬至前后误差较大。在夏至前后，黄昏时看月亮所在的方向，要顺时针方向增加一些；清晨看月亮所在的方向，要逆时针方向增加一些。而冬至前后又倒了过来，黄昏时看月亮所在的方向，要向逆时针方向增加一些，清晨看月亮所在的方向，要向顺时针方向增加一些。

表3~表5可以帮助我们判断方向。

表3 黄昏时根据月亮判断方向

月相		上蛾眉月	上弦月	上凸月	满月
农历日期		初三四	初七八	十二三	十五六
方向	春分、秋分	西南	南	东南	东
	夏至	西南稍偏西	南稍偏西	东南稍偏南	东稍偏南
	冬至	西南稍偏南	南稍偏东	东南稍偏东	东稍偏北

表4 清晨时根据月亮判断方向

月相		下蛾眉月	下弦月	下凸月	满月
农历日期		二十六七	二十二三	十七八	十五六
方向	春分、秋分	东南	南	西南	西
	夏至	东南稍偏东	南稍偏东	西南稍偏南	西稍偏南
	冬至	东南稍偏南	南稍偏西	西南稍偏西	西稍偏北

表5　月相出现的时刻与方位

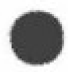
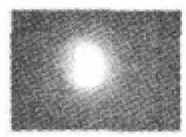
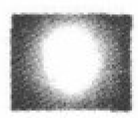
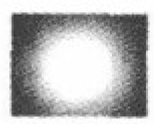
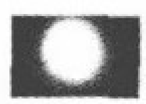
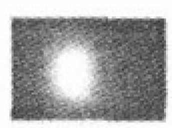
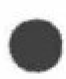
农历日期	月相名称	月相图	东	南	西
初一	新月、朔		6时	12时	18时
初三四	上蛾眉月		9时	15时	21时
初七八	上弦月		12时	18时	24时
十二三	上凸月		15时	21时	3时
十五六	满月、望		18时	24时	6时
十八九	下凸月		21时	3时	9时
二十二三	下弦月		24时	6时	12时
二十六七	下蛾眉月		3时	9时	15时
三十、初一	新月、朔		6时	12时	18时

表5给出了农历主要日期的月相及其出现的具体时刻和方位，各方位和时刻都可内插。比如，满月21时在东南，凌晨3时在西南。上弦月21时在西南。此表很实用，建议去野外观测时携带着。

由于地球的自转，月球每日从月升到月落大约为半天，即月球有半天挂在天空。月球在地平线之上时我们并不一定能见到月相，这是因为如果月亮和太阳同在天空，月光就被淹没在阳光之中了。所以一般说来夏天在6时之后，18时之前，由于太阳光强烈虽然看不见月亮，但在表中也指出了其位置。

如果你很细心，在遥望天边月亮的时候，就会发现月亮出没的方向和经过子午线时的高度变化很大。这是因为月亮在星

空的运行轨道面（白道面）虽然靠近黄道面，其平均夹角有5°9′，但是月球轨道的变化幅度在+28°35′～-28°35′之间，即白道面和赤道面的交角最大时达到（+23°26′+5°9′）和（-23°26′-5°9′）之间，白赤交角最小在（+23°26′-5°9′）和（-23°26′+5°9′）之间。对于地面上的固定观察者，月球的地平高度决定于其赤纬的大小。因此，同冬至、夏至正午的太阳高度变化相比，月球的地平高度变化幅度要大一些。月亮在天穹上运动的情况与太阳周年视运动相仿。以满月为例，此时日月处于地球两侧，互为相反方向。夏季，满月类似于冬季的太阳，从东南升起，西南落下，中天时的高度很低，照耀的时间较短；冬季，满月类似于夏季的太阳，从东北升起，西北落下，中天时高度很高，照耀的时间比其他季节都长。

月球每天东升西落的运动是地球自转的反映。月球围绕地球的转动则表现于它在星际间自西向东的移动。前已述及，月球平均每天向东移动13.2°，因此，月球升起的时间平均每天推迟约52 min 48 s。在此并未考虑月球运动速度的微小差异和快慢。例如北京，有时月球比前一天仅迟升22 min，有时却比前一天晚升起80 min。造成这种状况的原因是月球绕地球运动的轨道和地平的交角在1 a中有时大有时小。在北京，这个角度最大可达78.5°，最小只有21.5°。但在同一个夜里，月球同其背景星座一起每小时向西移动15°。例如，满月的午夜后2 h，满月的位置是南偏西30°；在午夜之前3 h，即21时，圆圆的一轮明月高悬于南偏东45°高空。

如果不求精确，表5对判断方向和时刻是很有帮助的。这张表受到固定日期的限制，是不是可以打破这种约束呢?

我们想一想，满月午夜月亮在正南，由朔到望用了29.53/2=14.765 d，在此期间，月面明亮部分一天天增加，阴暗部分一天天缩小；在满月之后的14.765 d内，月亮明亮部分一天天缩小，而阴暗部分一天天增加。这种增加和缩小是很有规

律的。

仰望天空我们可以看到，从朔到望，月亮离开太阳向东移动了180°，运行到与太阳相对的方位。就是说，从朔日的月亮和太阳同升同落，到望日的月亮东升同时太阳西落，升落时间相差了12 h。这就让我们想到：若是把月面分成12等份，在朔到望期间月亮比太阳每迟落1 h，月亮上的明亮部分就增加了1/12。那么把这1 h加在我们的钟表上，就得到了在月亮明亮部分增长中相对应的时刻。也就是说，当月亮的方位不变时，若钟表增加1 h，月面上明亮部分就增加1/12。

由表5可知，上弦月18时位于南方，此时明亮部分只占6/12。当月亮位置不变仍在南方，如果增加6 h，即增到24时，是什么月相呢？查一下表5，可知当时时刻是24时，月亮在南方是满月。满月的明亮部分比上弦月的明亮部分增加了6/12。这样一来就有6/12+6/12＝1。这个“1”表明月面全亮了，即为满月，其所对应的时刻是24时。

下半月刚好相反。从望到朔，月面明亮部分一天天减少。减少的规律是每增加1 h，明亮部分减少1/12，阴暗部分增加1/12。目测阴暗部分占月面12分之几，把这个“几”从钟表时刻中减去，就得到月亮明亮部分在减少中的对应时刻。也就是说，当月亮的方位不变时，若钟表增加1 h，月面上明亮部分就减少1/12，月面上阴暗部分就增加1/12。

如下半月清晨6时，看见月亮阴暗部分占3/12，此时明亮部分所对应的时刻是多少？因为满月在正南时是午夜，现已超过6 h，而明亮部分只减少3/12，即3 h前应该对应满月，所以应减去3 h，这就是明亮部分所对应的时刻，即凌晨3时为满月。这从表5中可以查出，在满月与下弦月之间（明亮部分占9/12），时间是清晨6时，月亮在西南方；若方位不变，应减去3 h，即此时明亮部分所对应的时刻是凌晨3时，对应的是满月。

用此方法得出的是以24时月亮正好在南方为标准的，离方

位角的起算方向相差180°。所以计算结果若大于24，应先减去24再乘以15°加180°，得到月亮的方位；若计算结果小于24，先用24减去阴暗部分的份数，再乘以15°，然后在180°内减去由乘积得到的度数，就得到月亮离开北方的方位角，从而定出方向。

5. 利用月相计算出方向和时刻

就像学习数学一样，做练习题是十分必要的。为了熟悉方法，应该多做练习题。

例1：手表上是晚9点，月面明亮部分处于增长期，阴暗部分占4/12，试求月亮的方位。

解：以满月午夜正南为标准，由题可知，还差4 h为满月，所以在此情况下，满月的时刻应是钟表时刻加上月面阴暗部分所对应的时刻，即21时 + 4时 = 25时。

大于24，先减去24：25−24=1时，即这时月亮已在真正满月（正南）之西1 h了。

化为度数：1×15°=15°，即南偏西15°。

化为方位角：180°+15°=195°，即此时已离开北方195°。

由此，按月亮现在的方位向左转15°就是南方。可见，知道了月亮方位，就容易判断南北和东西了。

例2：手表上是夜间2时，月亮明亮部分处在减少期，阴暗部分占5/12，试求这时月亮的方位。

解：以满月午夜为正南，由题可知，满月在5 h前发生，所以应把钟表时数减去月面阴暗部分所对应的时刻，即2时−5时=−3时。

不够减，先加24：24+2−5=21时，即为本题中月亮明亮部分在减少期所对应的时刻。

可见与正南还相差24−21=3时，差45°角。所以此时月亮在南偏东45°。

换算为方位角：180°-45°=135°。

以上是已知月亮阴暗部分和观测时刻，判断月亮的方位。其要领是：在月面明亮部分处于增长期，应加上月面阴暗部分，得到对应的时刻；月亮明亮部分处在减少期，应减去月面阴暗部分，得到对应的时刻。然后，再确定其方位角，从而确定方向。

那么，已知月亮方位和月亮阴暗部分，怎样才能判断时刻呢？

例3：月亮位于东南，月面明亮部分处于减少期，目测阴暗部分占5/12，求当时时刻。

解：月亮方位为南偏东45°，按满月午夜正南为标准，还差45°/15°=3 h，如果这时是满月，所对应的时刻应该是24-3=21时。由题可知，这天已经过了望日，不是满月，而处于明亮部分减少期，阴暗部分比满月多了5/12，即超过了5 h。所以应加上这5 h，此时的时刻就是21时+5时=26时，即凌晨2时。

例4：已知月亮明亮部分处于增长期，此时月亮位置在南偏西45°，目测月面阴暗部分占4/12，试求当时的时刻。

解：月亮南偏西45°，即已离开南方45°/15°=3 h。满月午夜在正南，如果这时是满月，所对应的时刻应是24时+3时=27时，即后半夜3时。由题可知，此时不到满月，阴暗部分还有4/12，即距满月的对应时数还差4 h。所以此时的时刻是27时-4时=23时。

上面是已知月亮方位和月亮阴暗部分，怎样判断时刻。其要领是：在月面明亮部分减少期，要加上月面阴暗部分对应的时刻；月面明亮部分增长期，要减去月面阴暗部分对应的时刻，就可得到对应的时刻。

前述都是以满月午夜月亮在正南为标准的。其实，上弦月、下弦月均可作为参考标准。这时应熟记：此时月面明暗各占6/12，上弦月18时在正南，下弦月6时在正南。

例5：月亮的方位角225°，月面阴暗部分处于减少期，目测阴暗部分占4/12，求当时时刻。

解：由题可知，月面阴暗部分已比上弦月减少了6/12−4/12=2/12，即月亮所在的位置比上弦月同时刻所在的位置超过了2 h。现在月亮方位是225°，已经南偏西45°，即已比正南多3 h，合计超过5 h。上弦月18时在正南，所以此时为18时+5时=23时。

例6：观测时刻是晚10时30分，月亮明亮部分处于增长期，目测月面阴暗部分占2/12，求月亮的方位角，确定方向。

解：上弦月18时在正南，晚10时30分应在南偏西(22.5−18)×15°=67.5°，或方位角247.5°。依题意，已过了上弦月，月面明亮部分比上弦月增加了6/12−2/12=4/12，即这时月亮比上弦月在同方位上多了4 h。阴暗部分比上弦月减少4/12，在时数上应减去4 h，才与上弦月（6/12）方位相同，也就是当夜的月亮位置比上弦月10时30分要偏左4×15°=60°，所以应由南偏西向左转60°，结果是67.5°−60°=7.5°，即月亮的方位是南偏西7.5°，方位角为187.5°。面向月亮向左转7.5°就是正南。

本题也可以这样来理解：以上弦月18时为标准，假定当天是上弦月，则此时比正南已超过22.5−18=4.5 h。由题可知，已过了上弦月，阴暗部分比上弦月减少4/12，即减去这4小时才是上弦月。所以，只比上弦月多了4.5−4=0.5 h，即0.5×15°=7.5°，比上弦月正南多了7.5°，所以其方位为南偏西7.5°，方位角为187.5°。

“今夜月明人尽望，不知秋思落谁家。”此时天清气爽，圆月高悬，如水的月光，洒满大地。我们应当勤于思考，勤于计算，记牢要领，就可以得心应手，会很快地掌握利用月亮判定方向和时刻的方法。

6. 二十四节气和干支纪时法简介

（1）二十四节气。二十四节气起源于黄河流域。在殷商时代已经有了夏至、冬至的概念。以后逐渐丰富，周朝时发展到了8个节气，到秦汉时期，已经形成了完整的二十四节气。二十四节气的创立是与我国古代劳动人民的农业生产实践密切相关的。

春秋战国时期，我国已经能用圭表（其实就是在平面上竖一根杆子）来测量正午太阳影子的长短，以确定冬至、夏至、春分、秋分4个节气。1 a中，正午圭表影子最短的1 d是夏至，最长的1 d是冬至，影子长度适中的是春分或秋分。战国后期的《吕氏春秋》有“二分”、“二至”和“四立”8个节气的记载。在战国时期的《周髀算经》和从战国魏安王墓中发现的《逸周书》中的《时训解》有二十四节气记载。西汉初期的《淮南子·天文训》记载了完整的二十四节气，这可能是目前见到的完整二十四节气的最早文字记载。二十四节气的顺序也和现代的完全一致，并确定15 d为一节气。汉朝《后汉书·律历志》中还记载着二十四节气的日影长度的数值。

公元前104年，由邓平等制定的《太初历》，正式把二十四节气订于历法，明确了二十四节气的天文位置。实际上二十四节气是把太阳的周年视运动一周360°划分成24段，每段15°，每段就是1个节气。1个节气的平均长度是365.242 2÷24＝15.218 4 d。这就是1个月2个节气的来源。可见，我国古代是用二十四节气来表示太阳运动规律的，二十四节气是太阳周年运动的反映，对农耕社会有非同寻常的意义和作用。而西方社会一直到今天也只有春分、秋分、夏至、冬至4个节气。

由上可以看出，二十四节气与月亮的运动、盈亏变化没有关系。它属于公历或者说阳历，不属于阴历和农历。

前面已经讲过，每年3月21日春分，太阳通过春分点，黄

经为0°，以后沿黄道运行，黄经逐日增加，1个回归年绕行椭圆形黄道1周。由于1个回归年的长度是365.242 2 d，况且，在近日点附近地球在黄道上移动较快，2个节气日之间相隔日数只有14 d多；在远日点附近地球在黄道上移动较慢些，2个节气之间相隔的日数有16 d多。于是每一个节气的时间长短略有差异。不过，二十四节气在黄道上是每隔15°角（太阳至地球连线为向径，扫过15°角，在黄道上的位置）进入下一个节气的。这就是说，太阳从黄经0°（春分日）起，沿黄经每运行15°所经历的时日称为“一个节气”。每年运行360°，共经历24个节气，每月2个节气。

每个节气的开始日期在公历中的日期几乎年年不变，上半年在每月的6日和21日左右，下半年在每月的8日和23日左右，可能有一两天误差。对于农历来说，节气的日期就很不固定了。交节气的具体时间逐年间是有差异的。

从二十四节气的命名可以看出，节气的划分充分考虑了季节、气候、物候等自然现象的变化。其中，立春、立夏、立秋、立冬、春分、秋分、夏至、冬至8个节气是用来反映季节的。春分、秋分、夏至、冬至是从天文角度来划分的，反映了太阳高度变化的转折点。夏至是指“日北至”，太阳直射北回归线；冬至“日南至”，太阳直射南回归线，二者表示盛夏和寒冬已经到了。春分、秋分表示这两天昼夜平分，正好介于夏至和冬至之间。而立春、立夏、立秋、立冬则反映了四季的来临。

小暑、大暑、处暑、小寒、大寒5个节气反映气温的变化。雨水、谷雨、小雪、大雪4个节气反映了降水现象，表明降雨、降雪的时间和强度。白露、寒露、霜降3个节气表面上反映的是水汽凝结、凝华现象，但实质上反映出了气温逐渐下降的过程和程度：气温下降到一定程度，水汽出现凝露现象。气温继续下降，不仅凝露增多，而且越来越凉。当温度降至0℃以下，水汽凝华为霜。

小满、芒种则反映有关麦类等夏熟作物子粒饱满，即将成熟，有芒作物成熟，晚季作物开始播种。惊蛰、清明反映的是自然物候现象，清明表示天气晴朗，万物滋生。惊蛰节气以天空中初雷，气温上升，地下蛰虫的复苏，冬眠动物开始活动，来预示春天的回归。

掌握二十四节气的日期，对于判断日期、时间和时刻，安排生活和工作是有意义的。

为了便于记忆，给出下面的节气歌诀：

春雨惊春清谷天，夏满芒夏暑相连，
秋处露秋寒霜降，冬雪雪冬小大寒，
上半年来六廿一，下半年来八廿三，
每月两节不变更，最多相差一两天。

我国东北地区（含辽、吉、黑和内蒙古东部地区）还流行着二十四节气的歌谣：

立春阳气转，雨水沿河边，
惊蛰乌鸦叫，春分地皮干，
清明忙种麦，谷雨种大田；
立夏鹅毛住，小满雀来全，
芒种开了铲，夏至不拿棉，
小暑不算热，大暑三伏天；
立秋忙打靛，处暑动刀镰，
白露烟上架，秋分无生田，
寒露不算冷，霜降变了天；
立冬交十月，小雪地封严，
大雪江茬上，冬至不行船，
小寒近腊月，大寒整一年。

（2）干支纪年、纪月、纪日。我国古代很早就用天干和地支依顺序搭配纪年、纪月、纪日、纪时刻了。所谓干支，就是天干和地支。天干由10个汉字（甲乙丙丁戊己庚辛壬癸）表

示，地支由12个汉字（子丑寅卯辰巳午未申酉戌亥）表示。甲和子搭配，乙和丑搭配……十天干和十二地支依次序轮回搭配，天干在前，地支在后。它们的最小公倍数是60，所以每经60次1个周期，重复轮回1次，叫“六十甲子”，也叫“六十花甲子”。这种用干支来表示年月日时序号的方法，叫做“干支纪时法”。

像辛亥革命、甲午战争、戊戌变法中的辛亥、甲午、戊戌都是天干和地支搭配用来纪年的。从东汉建武三十年（公元54年）开始用干支纪年，已经有了1 960多年的历史。2012年是壬与辰搭配，故2012年是壬辰年。2013年是癸巳年，2014年是甲午年……在各种历书、万年历中均有各个年份的干支纪法。干支次序如表6。

表6 干支次序表

1 甲子	11甲戌	21甲申	31甲午	41甲辰	51甲寅
2 乙丑	12乙亥	22乙酉	32乙未	42乙巳	52乙卯
3 丙寅	13丙子	23丙戌	33丙申	43丙午	53丙辰
4 丁卯	14丁丑	24丁亥	34丁酉	44丁未	54丁巳
5 戊辰	15戊寅	25戊子	35戊戌	45戊申	55戊午
6 己巳	16己卯	26己丑	36己亥	46己酉	56己未
7 庚午	17庚辰	27庚寅	37庚子	47庚戌	57庚申
8 辛未	18辛巳	28辛卯	38辛丑	48辛亥	58辛酉
9 壬申	19壬午	29壬辰	39壬寅	49壬子	59壬戌
10癸酉	20癸未	30癸巳	40癸卯	50癸丑	60癸亥

注：本表载于《现代汉语词典》，可查阅。

那么，公元年份与干支纪年之间能否换算呢？可以。

这里介绍一个公式：$A = X - 3 - 60 \times B$

式中，A为所求的纪年干支序数，它的范围是$0 < A \leqslant 60$，由A值查干支次序表即可得到干支纪年；B为从0开始的正整数，即0，1，2，3……；X为所求那年的公元年份数，选择适

当的B值使不等式$0<A\leq 60$成立便可。

例1：试求2012年的干支纪年。

$A = 2012 - 3 - 60 \times B$

其中，B取33为宜，使得A值在0和60之间。如果大了就减去60或60的倍数，小了就加上60或60的倍数；或者直接调整B值，重新计算，使之不等式满足为止。再由A值查表6。本题$A = 29$查表6，这一年为壬辰年。

例2：顺治元年（1644年）的干支纪年是什么年？

$A = 1644 - 3 - 60 \times B$

B取27适合，得出$A = 21$，查表可知这一年是甲申年。

干支不仅用来纪年，还用来纪月、纪日。我国古代在干支纪月中，除了用干支相配的六十甲子记录月序外，还规定每年各月的纪月地支固定，即农历十一月为子月，因为在这个月里含有冬至日，十二月为丑月，依次正月为寅月，二月为卯月……十月为亥月。再配上天干就成了干支纪月法。干支纪月法是以5 a为1周（农历闰月的月份没有干支），也是60个月为一轮回，周而复始。这种干支纪月法现在已不采用。

现在我们已经知道，用干支记录时间最先应用于纪日。我国早在殷商甲骨文中就使用了干支纪日。考古发现，在商朝后期帝王帝乙时的一块甲骨上，刻有完整的六十甲子，是当时的日历。但是，用天干和地支搭配连续纪日是从公元前722年（春秋时鲁隐公三年）开始的，到现在已经有2 730多年。自此以后，我国用干支纪日从没有间断或错乱过，这是现在世界历史上最长的连续纪年的历史资料。它是我们中华民族的瑰宝，是独特的创造。

干支纪日就是用天干和地支搭配表示日期。每1 d都有一个干支名称，这在万年历中可以查到。像入伏的日期，我们常说是“夏至后三庚数伏”。就是说，夏至以后的第3个庚日入伏。伏天分为初伏（也叫头伏）、中伏和末伏，统称三伏。三伏的日

期是由节气（夏至）的日期和干支纪日的日期相配合来决定的。

今年（2012年）的夏至是6月21日，农历五月初三，这1 d是癸丑日。从夏至往后，第1个庚日是6月28日（庚申日），第3个庚日，是7月18日（庚辰日），农历是五月三十，这1 d入伏。第4个庚日，即7月28日（庚寅日）入中伏。干支纪日法中，每10 d 1个庚日，头伏和末伏总是10 d。按照设伏的规定："立秋之后要设一伏"就是末伏。因而夏至后的第5个庚日就与立秋节气的位置有关系。如果夏至后的第5个庚日在立秋日及其之后，则中伏为10 d；如果在立秋日之前，则中伏为20 d。2012年立秋是8月7日，而夏至后的第5个庚日庚辰日是8月7日，正好在立秋日，所以，2012年中伏有10 d。立秋之日（8月7日）至8月16日为末伏，8月17日出伏。

干支纪时法是纯数学的60进制纪时法。同阴阳历和二十四节气没有直接联系。它的作用是不因朝代或君主的更迭而改换，不因国家分裂而中断，也不受天文历法改进的影响，因而非常稳定而持久。我国2 730余年来干支纪日无一天中断，这在世界上是绝无仅有的。它像一根连续不断的线将各种历法、各个朝代的历史事件穿在一起，对保持中国历史连续而完整的时间序列起着重要作用。

我国是文明古国，史料丰富，记载精详，都是以干支为时序被记录而保存下来的，这就为研究古代资料提供了完整和正确的连续性时间记录。研究古代天文、历法、地震、医学、环境保护以及政治事件的推算等等，都十分准确。对于一些从事专业工作的人或历史爱好者，比如考古、地质、地震、天文、气象、水文旱涝、自然灾害、科普、环保工作者都可以有效地查出准确资料。

五、利用恒星判定方向和时刻

夜空清澈，群星争辉，“星垂平野阔，月涌大江流”（杜甫）。星空是一个多彩的世界，好像一枚枚亮晶晶的宝石钉在漆黑的幕布上，蕴涵着多少动人的神话故事和神秘的值得探索的空间。欣赏星空，曾使多少人因之浮想联翩，多少人因之向往入迷。当你遥望闪烁光芒的繁星的时候，头脑中就会自然地闪现出能不能利用这些明明暗暗远远近近的星星来判断方向和时间的想法。为此应当首先了解蕴涵着那些群星闪烁的宇宙和宇宙中的各种天体。

1. 宇宙和天体

宇宙是广漠的空间和其中存在的各种天体以及弥漫物质的总称。它是物质世界，是由各种形态的物质构成的，而且处于不断的运动和发展变化中。天上那些星星存在于广阔无边的宇宙里，宇宙在空间上是无限延展的，没有边界，没有形状，没有中心，无边无际；在时间上也是无限延续，无始无终的。古书《淮南子·原道训》中有“上下四方曰宇，古往今来曰宙，以喻天地”的说法。就是说空间为宇，时间为宙，宇宙是空间和时间的总和。

近代认为：宇宙是普遍的、永恒的物质世界。普遍是说物质在空间分布的广延性；永恒是说物质运动在时间上的连续性。可是，人类所能认识的、所能观测到的宇宙却是有限的，仅仅是宇宙的一小部分。

人类对宇宙的认识是一个不断深化的过程。人们从认识自己居住的地球开始，不断扩大视野，探索无限的宇宙。18世纪以前，已经认识了地球是太阳系的一个成员。以后，借助于望

远镜，才知道太阳系外面还有千千万万个太阳，由它们组成了一个更大的集团——银河系。夜空里闪烁的繁星绝大多数都是银河系中的星星。银河系中，太阳犹如沧海之一粟，既不显眼，又不特殊。近一个世纪以来，人们又认识到了银河系外面还有无数个银河系。银河系以外的星系称为河外星系。由银河系和河外星系组成了更高一级的星系集团——总星系。

现代，由于射电天文望远镜的出现以及空间探测技术的发展，使人们的视野已经扩展到上百亿a和上百亿光年的时空区域。“光年”是光在1 a中传播的距离，是计算天体距离的一种单位。一般说来，光的速度是30万km/s（从1984年起，国际上统一使用299 792.458 km/s）。

1光年 $= 1\ a \times 3 \times 10^5\ km/s = 9.46 \times 10^{12}\ km$，即9.46万亿km。

可见，上百亿光年的范围是多么遥远广阔了。人们的认识是无限的，随着现代科学技术和计算机技术的发展，人类将认识更高一级的宇宙深处，但每次认识的飞跃又是有限的，不是宇宙的“终极”。任何认为宇宙有边界，或者由某个神、某个人来主宰来创造的说法都是违反科学的。

宇宙不仅是客观存在的物质世界，而且呈现出多种多样的形态。人们在不断探索宇宙奥秘时发现，宇宙中有无数天体，这些天体多种多样千差万别。有密集的星体，有松散的星云，以及存在于星际间的气体和尘埃——星际物质，还有连续的辐射场，这些物质就构成了我们通常说的“天体”。其中，在恒星际空间，散布着极其稀薄的星际物质（气态原子、分子、离子或电子等）和星际尘埃（直径小于10^{-5}~10^{-6} cm的各种化合物分子积聚而成的固态质点）。星际气体和尘埃合称为星际物质。即使是我们已知的银河系中星际物质密度也非常低，平均仅有10^{-24} g/cm^{3}左右。在星际物质相对“密集”处，即星云中，物质的密度也仅为10^{-23}~10^{-20} g/cm^3。可见，宇宙之空阔，星云和星际物质比地球上的“真空”还稀薄。至于各种星体的

大小、质量、密度、光度、温度、颜色、年龄、寿命也很不相同。

天体的形成有早有晚，不是同时形成的。恒星由星云脱胎而来，开始形成原恒星。在继续发展中，其中质量较小的恒星未来可能发展成红巨星，进而形成白矮星；质量较大的恒星，将发展成超巨星，进而造成超新星爆发，最终形成中子星和黑洞。宇宙中的球状体是在形成中的星体，O型星、B型星是年轻恒星，主序星（包括太阳）是中年恒星，白矮星和中子星、黑洞等致密星属于老年恒星。主序星、巨星、致密星是恒星生命中的几个阶段。每个天体都有它的发生、发展、衰亡的历史，但作为总体的宇宙则是不生不死，无始无终的。

具体说来，天体包括天空中所有的恒星、行星、卫星、矮行星、小行星、彗星、星云、星际物质、流星体、类星体、红外线、X射线源、γ射线源等等，可称之为“自然天体”。而像我国的“神舟”系列飞船，“天宫一号”太空实验室，“嫦娥一号”、“嫦娥二号”探月卫星，“北斗”系列导航系统卫星，“风云”系列气象卫星，“东方红”系列通信卫星，中国资源探测系列卫星，美国发射的“奋进号”航天飞机，“勇气号”、“凤凰号”火星探测器，俄罗斯发射的“和平号”空间站等可称为“人造天体”。

宇宙中的天体，由于其质量、大小、距离等的不同，按万有引力规律引起彼此间的相互吸引，以及围绕公共质量中心的相互绕转，就形成了具有一定层次、结构和关系的体系，这种体系就是天体系统。天体系统有大小不同的等级。目前所知的宇宙范围内，天体系统从小到大依次为：地月系、太阳系、银河系、河外星系、总星系。总星系是迄今所知的最高一级天体系统，是目前所能观测到的宇宙，其范围大约有150亿~200亿光年。

其中，地月系天体由地球和月球组成；太阳系天体包括太

阳、行星（含地球）、行星的卫星、矮行星、小行星、彗星、流星及行星际介质等；银河系天体包括其中的各类恒星和恒星集团，有变星、双星、聚星、星团、星云和星际介质；河外星系是指银河系之外的与银河系相似的庞大的恒星系统，以及由星系组成的更大的天体集团，如双星系、多重星系、星系团、超星系团，还有分布于星系与星系之间的星系际介质。

至于这些大大小小的天体、星系，以至于宇宙是怎样产生的，目前占主流地位的是大爆炸宇宙学说。根据大爆炸宇宙学说，我们观测到的这部分宇宙大约是150亿a前一次大爆炸的产物。爆炸引起体积迅猛膨胀，导致温度和密度迅速降低。逐渐形成各种元素，分子，原始星云，星系，恒星。这种学说能够很好地解释星系、恒星的起源和演化，能够解释宇宙的膨胀以及3 K微波宇宙背景辐射等宇宙大尺度特征。按最新学术观点，20世纪70—80年代，随着暗物质、暗能量、黑洞的发现，特别是20世纪90年代以来，对微波背景辐射研究结果发现，宇宙膨胀着，并将继续加速膨胀下去。2003年，科学家发现：宇宙中有占宇宙物质总量73%的暗能量（其余是4%的可见天体，23%的暗物质）。暗能量被认为是一个具有斥力性质的物理量，是推动宇宙膨胀的力量，能够在至少300亿a内加速宇宙的膨胀。这就使我们对宇宙的认识更加扑朔迷离。

我们要在这样的茫茫宇宙中遨游，揭开它的无穷的奥秘，深化我们对宇宙的认识，更会增加我们对于自然科学的浓厚兴趣。

2. 恒星、行星、星座

夜空清澈，星斗满天。肉眼所能看到的星星有6 000多颗。如果能熟悉一些星体的名字和它们的位置。对判定方向和时刻是十分有益的。

这些星体中主要是恒星和行星。

恒星是宇宙中最主要成员，其特点是：

（1）由炽热的气体组成，且自身能够发光。这是因为恒星本身具有很高的温度，其表面温度高达2 600～40 000 K。恒星的高温是由于其内部不断地进行热核聚变反应，源源不断地释放出能量的缘故。

（2）恒星具有巨大的质量。太阳是宇宙中一颗普通的恒星，它的质量有1.99×10^{33} g，而夜空中最亮的恒星——天狼星的质量是太阳的2.28倍。

（3）恒星距离我们十分遥远，太阳是最近的，太阳的光从发出到地球需要8 min 18 s。再如，天狼星离我们较近，也有8.7光年，北极星离我们775光年，连那美妙的具有浪漫动人故事的织女星离我们也有26.5光年，半人马座α的子星是离太阳最近的恒星，人们称它是比邻星，距离我们还有4.22光年。

我们知道，地球绕太阳运动的轨道（黄道）是巨大的椭圆，近日点距地球1.471×10^{8} km，远日点距地球1.521×10^{8} km，日地平均距离为1.496×10^{8} km。日地平均距离也叫一个天文单位，是一把量天尺，用来测量天体间的距离。如果我们乘动车组时速300km的高铁快车，疾驶至太阳还需要57 a。

就星系而言，有漩涡星系，椭圆星系，不规则星系。银河系，按其外貌属于典型的漩涡星系，呈盘状，当中有凸起的核，叫银核。银河系里的恒星都围绕一个圆盘的中心旋转着，这个圆盘称作银盘，其中心就是银心。从侧方看，银盘呈铁饼状，从上方垂直向下看，盘中有螺旋状旋臂，好像顺时针向内盘旋辐合。旋臂是星云物质、星际气体、尘埃相对浓密、年轻亮星主要分布的地带。银河系中的恒星有2 000多亿颗，还有大量的星云和星际物质。这些物质绝大部分集中在银盘中。银河系主体部分的直径达10万光年，其中包围着银核和银盘。漩涡星系都有几条旋臂，银河系有4条主要旋臂，太阳并不在主要旋臂上，而在两条大旋臂之间的小旋臂上（图15）。

银盘有一定厚度，太阳离银盘的中心平面（银道面）仅26光年，太阳附近的银盘厚度为3 000多光年，可以说地球上的观察者几乎就在银道面上。太阳系距离银心大约3.3万光年（银盘半径约5万光年）。地球上观察者向银河系中心方向观察时，会发现恒星更加密集。

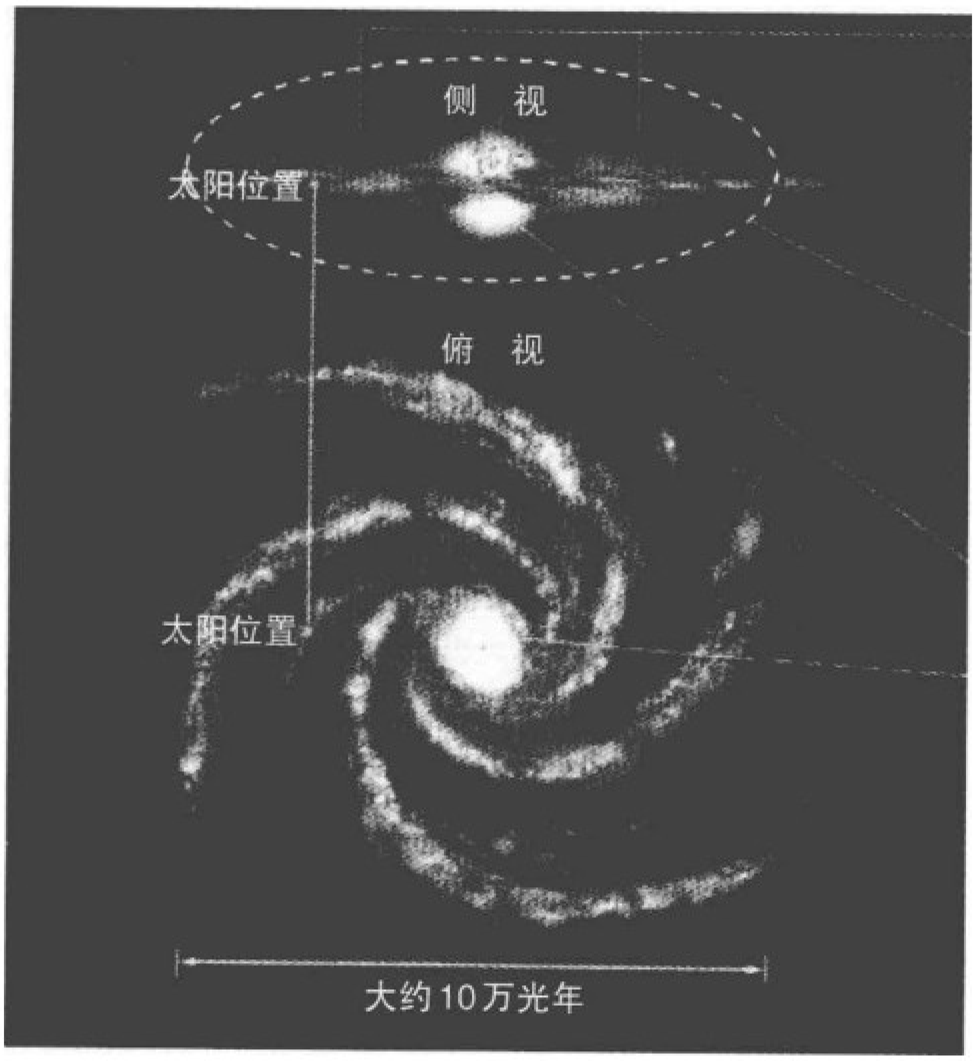


图15 银河系结构示意图

夏天，在夜空中有白亮亮的银河跃过头顶，向西南流去，当通过天鹅座（其中有天津四）、天琴座（其中有织女星）、天鹰座（其中有牛郎星）、人马座（其中有南斗六星）、天蝎座（其中有心宿二，古称“大火”）时银河又宽又亮。最宽最亮的一段位于人马座，那就是银盘的中心所在（简称“银心”）。这一条光带环绕整个天空，大致成为天球上的大圆。用望远镜观测，可发现银河是由非常密集的恒星组成，而且越靠近中心线，恒星越密集，亮星越多。

下面再简单说说行星。关于行星，有了新的定义。

2006年8月24日，在捷克首都布拉格举行的第26届国际天文学联合会大会通过的关于行星的新定义，把太阳系的天体分为三大类：行星、矮行星、太阳系小天体。行星是太阳系中的基本天体。定义行星必须满足3个条件：

（1）该天体在位于围绕太阳的轨道上公转。

（2）有足够大的质量，依靠自身的重力作用，来克服固体应力以达到流体静力学平衡的形状，使自身达到近似球形。

（3）该天体在公转区域中起着支配性的作用，已清空了其轨道区域，不受轨道上相邻天体的干扰。

在太阳系中符合这些条件的天体有8颗，称为八大行星，按其距太阳由近及远依次为：水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星。它们的质量小，不超过太阳质量的0.135%，不发射可见光，只能反射太阳光，而且是在椭圆轨道上绕太阳自西向东运动的，同时又是轨道倾角较小的近似球形的天体。行星中水星和金星没有卫星。地球有1颗卫星——月亮。火星有2个卫星，是从小行星带中俘获的小行星。木星有63颗卫星，土星有62颗卫星，天王星有27颗卫星，海王星有13颗卫星。目前卫星数目仍在变化中。

如果符合行星定义的前2条，但该天体在公转区域中不具备支配性作用，受轨道上相邻天体的干扰，未能清除在近似轨道上的其他小天体；该天体又不是其他行星的卫星。根据这2条，可定义为矮行星。于是，冥王星、谷神星、卡戎星、阋神星（也称齐娜星）、鸟神星、妊神星归入矮行星行列。

此外，其他所有围绕太阳公转的天体均称为“太阳系小天体”。包括彗星、小行星、流星体、行星际物质（也叫行星际介质）。其中，行星际物质包括行星际尘埃（又称微流星体）和行星际气体（主要是太阳风粒子）。

八大行星围绕太阳公转各行其道，运行周期不等，如地球是1 a、火星是1.9 a、木星是11.8 a、土星是29.5 a、天王星是

84.0 a、海王星是164.8 a，而水星只有87.9 d（0.24 a），金星是224.7 d（0.62 a），二者均不到1 a，水星甚至不到3个月就围绕太阳1周。可见离太阳越远其公转周期越长。

由此也可看出，行星在星空中有明显的相对位移，可借以区别出行星和恒星来。恒星之间的位置是相对稳定的，从古代起，就把较亮而且邻近的恒星连成有趣的图形并结合希腊神话中的人物、动物、器件给它们命名，这就是星座及其命名的来历。比如，大熊座星连起来的图形像北极白熊；夏天，傍晚低垂于南方低空的天蝎座图形，真像尾部带有毒钩的一只大蝎子，据说是神后希拉派来射死大猎人奥赖翁的。后来，天蝎和大猎人都上了天，各自成了星座。但它们从此结下了深仇大恨，永不相见。天蝎夏夜出现，而猎户座在半年后的冬季夜里才出现。

连成图形是人们认识恒星最简便的方法，把星空分成若干区域，这些区域就是星座。早在公元前3 000年左右，巴比伦人就把较亮的恒星划分为若干星座。到公元2世纪，希腊天文学家把当时所见的星座确定了下来。近代，由于环球航行，原来北半球看不见的那些南天星座也逐渐确定了。1928年，国际天文学联合会正式公布全天球分成88个星座。每一个星座都有一个名称，如大熊座、猎户座、天琴座……各个星座在天空中所占的面积大小不等，其中长蛇座最大，有1 303平方度，蛇头在正南，蛇尾还未从东方地平线升起。面积最小的是南十字座，只有68平方度，几乎相差20倍。

就像一个城市划分为若干街道，还要编上门牌号码一样，人们将每个星座中的恒星又编上了符号或号码。最初，人们按每个星座中恒星的明亮程度，由亮到暗，依次按亮度大小用一个希腊字母命名，如小熊星座α，β，γ，δ，ε……后来，研究的恒星多了，24个希腊字母用完了，其余的恒星就用拉丁字母和数字表示或者单独用数字表示，如天鹅座61等。

在我国古代以自己的意识形态观念为恒星命名，有鲜明的

独特性。例如，北斗七星属大熊星座，我国古人认为这几颗星和酒斗很相似，又在北天，所以就取了“北斗”这个名字。又如，北极星叫勾陈一（小熊座α），天鹰座α叫河鼓二，也叫牛郎星，天琴座α叫织女一，也叫织女星，大犬座α叫天狼星，双子座β叫北河三，猎户座α叫参宿四，猎户座β叫参宿七。这些名字都很浪漫，都有自己的故事。

我们的祖先对星空非常重视。因为星空给人们的印象极其深刻，又带有一种神秘感。在万籁俱寂，地面景物因夜幕降临而暗淡的时候，天上闪烁的繁星就自然成了非常显赫的景象了。交相辉映的星辰构成了华灯齐放的街市，展现出美妙的甚至神奇的景象，妙趣横生，使人见景生情。我国在古书、古墓、古碑、古诗词中都有丰富的天象记载。早在2 300年前战国时代的石申已经绘制了包含800颗恒星的星表。司马迁的《史记·天官书》中详细记载了除南极附近之外的恒星及其名称。那时基于恒星星空外貌稳定的特点，人们按恒星分布形态把星空划分为若干区域，并给予相应的名称。我国古代就把星空分成的若干区域，叫做三垣、四象、二十八宿，这就是我国的恒星分类。

三垣是北天极周围的三个星域，即紫微垣、太微垣、天市垣。紫微垣相当于北天的小熊、大熊、天龙、仙王、仙后、鹿豹、天猫等星座中的恒星；太微垣相当于狮子、室女、后发、猎犬、六分仪等星座中的恒星；天市垣相当于蛇夫、武仙、巨蛇、北冕等星座中的恒星。

四象是分布于黄道近旁环天一周的四个条形区域的星辰，每象各分7段，称为“宿”，共二十八宿。它们是：

东方苍龙之象：含角、亢、氐、房、心、尾、箕七宿；

南方朱雀之象：含井、鬼、柳、星、张、翼、轸七宿；

西方白虎之象：含奎、娄、胃、昴、毕、觜、参七宿；

北方玄武之象：含斗、牛、女、虚、危、室、壁七宿。

二十八宿中所相当的星座和较明亮的恒星在有关参考书中均有描述。

面对满天星斗，记住其中主要的星座位置和恒星的中外名称吧！美丽的星座，灿烂的群星将在你一生的记忆中留下最美妙的遐想，最美好的回忆。

“远远的街灯明了/好像是闪着无数的明星/天上的明星现了/好像是点着无数的街灯/我想那缥缈的空中/定然有美丽的街市……”这是才华横溢，风华正茂的青年诗人郭沫若《天上的街市》中的一段。天上的街市曼妙无比，繁星的空间广阔无边，漫游恒星世界吧，它将为你开启迈向宇宙的大门。

“坐地日行八万里，巡天遥看一千河。”此时，正是“天阶夜色凉如水，卧看牵牛织女星”的时候，我们遥望着白亮亮的银河在头顶向西南方流去，美丽、壮观、深邃。这里蕴涵着无穷的奥秘，也蕴涵着美妙动人的故事。

3. 星图

学习地理需要地图，因为它上面记载了各种地理事物、地理信息，比如城市有城市名称、城市的地形地物、城市位置、城市规模、城市性质以及城市特征。若是把天上的星星也画在一张纸上，那上面标明星星的名称、位置、等级及某些特征，如双星、变星、星团、星云，以及黄道、天赤道、天南极、天北极等等，学习和研究星空就方便多了。事实上，人们正是这样想也是这样做的。

我国古代研究星空就是将星星一一记录下来，编成星表，绘制了星图。2 300多年前，战国时代的甘德和石申分别著有《星占》八卷和《天文》八卷，后人把它们合起来称为《甘石星经》。该星经载有120颗恒星的位置，是世界上最古老的星表，比希腊天文学家编的最早的星表还早了几十年。石刻星图也属我国最早。石刻《天文图》是1247年（南宋）所刻，现存苏州。

为了研究星空，也和制作地球仪一样，制作了天球仪，把星星位置记录在天球仪上。天球仪上的星星位置的分布是准确的，但是不好携带。如果把天球或星空中星星的分布投影在平面上，像地图一样，这就是星图。球形的天球仪外表展平后在经纬度、长度距离和角度上必然有误差，因为球面属于不可展面，所以星图免不了有不准确的地方。即使不如天球仪模拟星空球面那样形象、准确，但是它小巧、简单、便于携带，是一种观测天象或星空的常用工具。

星图常常分2部分来绘制：靠近天球北极和天球南极的恒星用两张圆形星图来表示。北天星图以天球北极为中心，以天北极为中心的圆圈代表赤纬的度数，从中心辐射出来的半径代表赤经的时数。北天星图画出了赤纬+50°以北的恒星。南天星图以天球南极为中心画出了赤纬-50°以南的恒星。使用时，面向北（南）方，举起北（南）天星图，并适当地旋转星图，把星图上的恒星图形与天上的星座对应起来。

不过生活在北半球中高纬度以北的人们是看不到南半球高纬度的恒星的，其看不见的范围可用：$\Delta = 90° - \varphi$来计算。位于南纬赤纬高于Δ的恒星，在北半球纬度φ以北的地方是见不到的。在北半球纬度越高的地方观测位于南纬的恒星永不升起的也越多。如果你在北极点观测，那么天赤道以南的恒星就永远在地平线以下，观察不到。在你所在纬度上，有些星星1 a内均能看见，其范围叫恒显圆；有些星星在1 a内始终看不见，其范围叫恒隐圆。上述公式中Δ的范围就是恒显圆和恒隐圆的范围。如果Δ在φ所在的同一半球，则高于Δ的范围为恒显圆；不在同一半球，则高于Δ的范围为恒隐圆。为了利用星星判断方向和时间，不能选取恒隐圆内的恒星。

靠近赤道的恒星（从赤纬+50°到-50°之间的恒星）用一张长方形星图来表示。图中央一条横线是天赤道，在图边上标有赤纬0°；那条平滑弯曲的线（类似正弦曲线）是黄道，即地球

绕日公转的轨道在星空背景中的轨迹，标有黄经度数和地球在黄道上的日期，以及春分点、秋分点、夏至点、冬至点的位置。平行于赤道的横线表示赤纬的度数，垂直于赤道的直线表示赤经的时数。这张图上面是北，下面是南，右面是西，左面是东。注意，这一点和我们常用的地图不一样。使用星图时，面向南方把星图高举头顶，使图上的方位与真实星况一致，就可按图上星座形状来寻找恒星了，首先要找到最亮的恒星，并调整方向使之一一对应。时间长了就熟练了。

图上的小圆圈或点代表恒星，圆圈或点的大小代表恒星的亮暗星等，大者亮小者暗。星座的界线多以虚线表示，星座内恒星间的连线是为了寻找恒星而画的，实际天空上是没有的。

在星图上几乎都载有亮度大于5等的恒星，按着各季节出现的星座都可以查得到，并与实际星空对照以便识别。但是，在夜空中就很难找到没有特别标志的春分点、秋分点、夏至点、冬至点的位置。尤其春分点的位置最重要，因为它是天体（包括太阳和所有恒星）赤经或时角位置的起算点，相当于地球上的本初子午线和赤道的交点。那么，怎样才能在星空找到春分点呢？为此，首先要找到天赤道，在秋冬之季较容易找到：由小犬座α（中名南河三）之南向猎户座俗称三星的北侧连一直线，并一直向西延长就是天赤道。再由飞马座大正方形东侧的两颗2等亮星仙女座α向南通过飞马座γ西侧连线向南延长，与天赤道相交的交点，就是春分点。秋分点在狮子座α（中名轩辕十四）向东南方室女座α（中名角宿一）连线的2/3处。冬至点在人马座西侧（南斗勺把的西侧）。夏至点在双子座η的西侧。把星图和星空实际相互比较，经常练习，就容易找到了，别无他法。

一张星图可以在不同月份、不同日期和时刻使用。但要记住，星夜无时无刻不在向西旋转，这是因为由于地球的公转使

相邻两天同时刻的星体位置向西移动约1°。这1°的空间，由于地球自转要经历4 min，即恒星的视位置今日要比昨日提早4 min到达昨天所看到的位置，下个月要比本月提早2 h来到原来的位置。比如，10月1日19时20分是牛郎星在北京的上中天时刻，10月2日上中天时刻就提早到19时16分，11月1日牛郎星上中天时刻提前到17时20分。在同一夜间，夜空星座每h向西移动15°，这是地球自转的反映。经过1 h之后，将手中的长方形星图顺时针旋转15°就可与天上的星座相合。这样看来，如果你坚持一个通宵，差不多就把半年的星座看完。按照星图对照夜空，认识并记住主要星座和恒星的位置，尤其是一等星的位置，以及它们的赤经、赤纬。久而久之，熟能生巧，对判定方向和时刻是有益处的。

记住，夜晚的实践是重要的，能够连续在晴朗而无人造光源干扰的夜间观测星空，一定会有可喜的收获。四季的夜空星象不同，在星空中漫游，其乐无穷。初看星空总觉得星星密密麻麻，眼花缭乱，无从下手，不知从哪里认起。其实，只要先找到一些亮星，比如北斗七星、猎户三星、猎户座及天狼星、天蝎三星、牛郎三星、织女梭星、银河中大十字架、飞马座大正方形等等，逐步扩展，慢慢就会认识许多别的星座了。

4. 北极星和真北方

北极是地球上最北的一点，沿地轴通过地球北极点一直向上延伸就指向天球的北极，与天球的交点就是天北极。因此，天北极位于北极的天顶，天北极不仅代表天球的正北方向，而且也代表地球的正北方。生活在北半球的人不管你在什么位置，都可以根据天北极来确定地球上的正北方。

在自然界的天北极处并未标上字或记号，好在在天北极附近有一颗明显的独立的星在那里照耀着，那就是北极星。

怎样才能看到北极星呢？在沈阳看它很方便，只要面向北

方一抬头就能找到。沈阳位于北纬41°46′，只要面向北方，抬头40°就可以。因为在地球表面上任何一点天极的高度等于该点的地理纬度。如果你在41°46′ N观测北极星，北极星的地平高度就是41°46′；你在赤道上观测，北极星的高度就是0°，即在地平面上；在北极点上观测北极星，它恰在头顶，与地平圈成90°。因为北极星是2等星，在其周围没有比它亮的，都是比较暗的4等、5等星，所以在沈阳地区很容易看到（图16）。

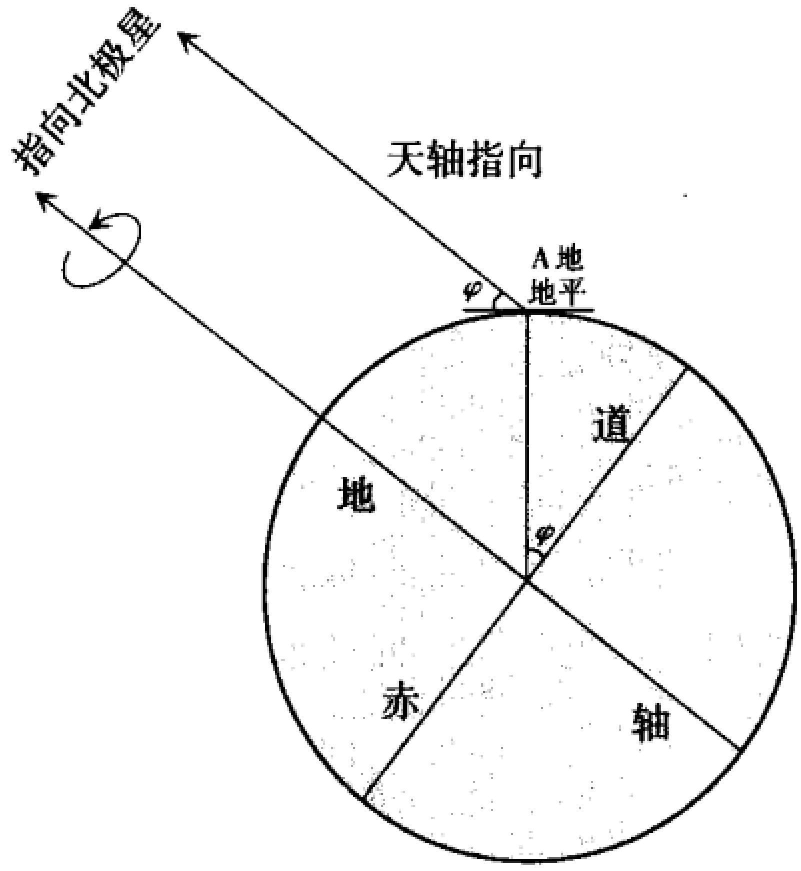


图16 纬度和北极星高度

其次，还可根据恒星的位置来认识它。比如，大家熟悉的北斗七星。这7颗星组成一个汤勺形状。北斗七星属大熊座，勺口第1颗星很亮，为大熊α（中名天枢），从勺口到勺柄依次中名为天枢、天璇、天权、天玑、玉衡、开阳、摇光。你沿着汤勺的外沿那两颗指极星（天枢、天璇）连一条线，延长约5倍这2颗星的距离就可找到。指极星和北极星都是2等星，其亮度差不多。利用这个方法寻找北极星最好是在北斗七星升得较高的时候。

北斗七星出现的方向随季节而变化。如果我们每天都在晚

9时观测，那么1月底，北斗出现在东北方，斗柄朝下；4月底，它出现在头顶偏北一点，斗柄朝东；7月底，它在西北方，斗柄朝上；10月底，它在地平线附近，斗柄朝西。这就是前边提到的“斗柄朝东，天下皆春；斗柄朝南，天下皆夏；斗柄朝西，天下皆秋；斗柄朝北，天下皆冬”。当斗柄在地平线附近时，由于近地面空气和尘埃烟雾波动的影响，在沈阳以南的人就不易观测到。不过，北斗七星在一昼夜中围绕北极星旋转1周，1 h向逆时针方向旋转15°，所以尽管10月末晚上9时看不清，可以提前2 h，或推迟到次日凌晨1时之后观测，这时指极星经过4 h，已经位于北偏东60°，可以很容易找到了（图17）。

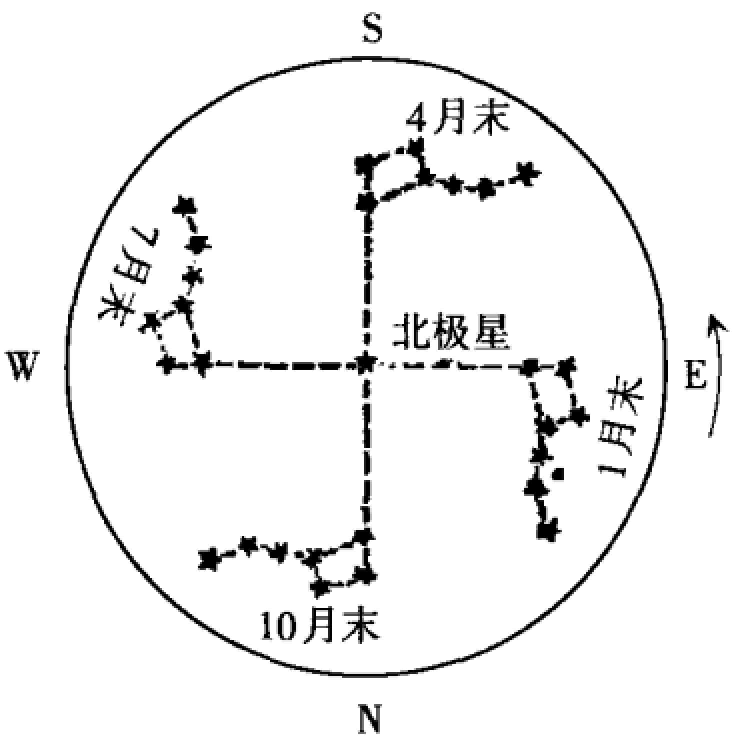


图17 北斗星的四季位置

北斗七星属于大熊星座，北极星属于小熊星座。北极星是小熊星座里最亮的恒星，叫小熊α（中名叫勾陈一）。小熊星座有7颗星，组成与北斗相似的图形，北极星是这个小勺的柄端，是2等星。在这个小勺边上，还有一颗2等星，叫小熊β，但比北极星略暗。不要把它误认为北极星。

寻找北极星的第三个方法是在北斗七星遥遥相对的那面找到由5颗亮星排列成拼音字母w形的仙后座，中间的1颗（γ）中名为策，策左边那颗中名阁道三。如果把阁道三和策连一直

线并在策处作该直线的垂线，这根垂线就直指北极星。北极星与策之间的夹角约30°（图18）。这样便会找到北极星。

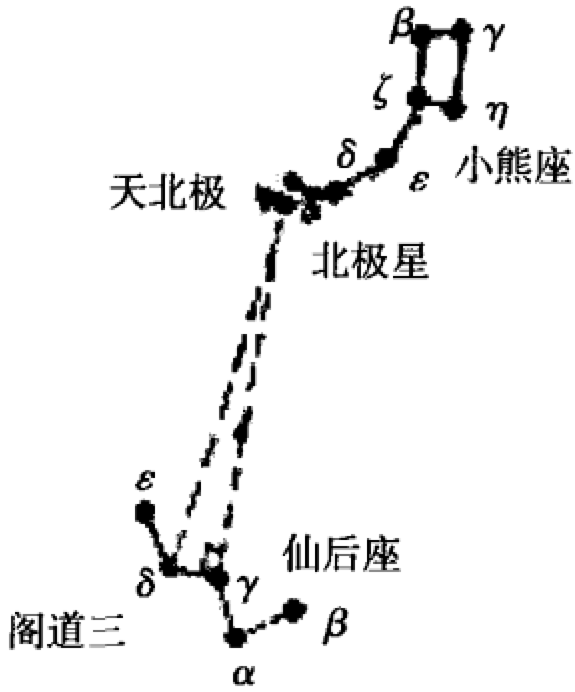


图18 W星与北极星

如果从大熊座的第6颗星（开阳）和阁道三连一直线，那么北极星和天北极就在这条连线上。真正的天北极在北极星和阁道三之间，与北极星的距离只有57′，不足两个太阳视直径那么远。北极星位置是赤经时数1时49分24秒（即赤经27°21′），赤纬+89°2′45″（图19）。

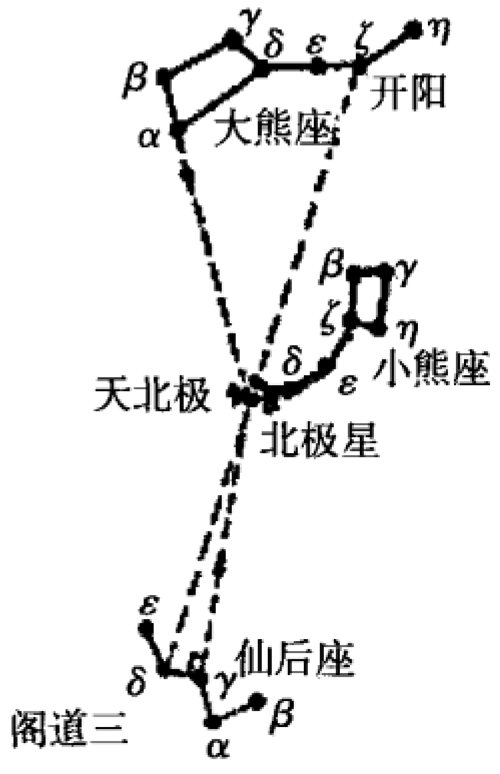


图19 大熊、小熊、仙后座

就是说天北极并不在北极星的位置上，但是离北极星很近。天北极在地球真正北极的正上方，是真正的北，面向它就是面向正北。一般说来，只要找到北极星就可知道真正北方了。

我国大部分地区都可利用北极星确定北方，但在我国华南、海南岛、台湾省南部、南海诸岛及南方海洋上，因为纬度低，北极星高度很低，不易找到。

5. 根据恒星时计算方向

仰望茫茫夜空，澄澈碧透。星光闪烁着，好像都在向你述说：我有我的位置，我有我的运动规律。我可以告诉你，现在我在何方。

恒星在星空的相对位置是相当稳定的，春分点的位置也是相当稳定的。人们就是根据恒星的位置确定它和春分点的距离（以赤经时数或赤纬度数表示）的。天文学家早已把恒星的赤经、赤纬计算出来了，收集在《天文年历》中。比如，织女星的赤经是18时36分，牛郎星的赤经是19时50分。

把太阳上中天是12时作为真太阳时的起算点，通过上中天就是通过南北极和头顶的连线，这条线就是南北线，也就是当地的子午线、经线。两条相对的子午线构成了子午圈（经线圈）。某颗恒星上中天时，面对它就是面对南北方向。所以真太阳时决定于太阳与子午圈的方向和距离。

由真太阳的周日视运动定出视太阳日和视太阳时。同理，由假想的平太阳的周日运动定出的就是平太阳日和平太阳时。由此，也可以联想到利用任何一颗恒星或者天球上任何一个点（包括春分点、秋分点等）绕地球的周日运动来定出恒星日、恒星时。

通常把恒星日定义为：春分点在天球上连续两次由东向西通过某地子午圈的时间间隔。值得注意的是，这样定出的时间间隔叫做1恒星日。不过，它并不是24 h，而是23 h 56 min4 s，和太阳日是不同的，少3 min 56 s。现在，以春分点上中天的时

刻为起算点。某瞬间的恒星时刻以恒星时表示，就是春分点自上中天以后所经历的时间间隔，也就是某地子午圈距春分点的角度，这个角度也称为春分点的时角。时角以时间单位（时、分、秒）表示，每移动15°合1 h，自春分点向东计算。春分点向东距离天体甲的角度是45°，该天体的时角为3时，即天体甲的恒星时为3时。同理，春分点向东距离天体乙的角度是270°，该天体的时角就是18时，即天体乙的恒星时就是18时。这样布满全天球1周的恒星就都有自己的恒星时。某天体从上中天离开当地子午线绕天球1周回到上中天又到达当地子午线上，其所经历的时间也就是1个恒星日，其时角变化也表示为0～24时。1恒星日分为24恒星时，1恒星时分为60恒星分，1恒星分分为60恒星秒。

可见，春分点正在子午圈上的时刻，正是恒星时0时或24时。当春分点在子午圈以西15°，恒星时为1时，此时正在通过子午圈的恒星，它们的恒星时都是1时。在子午圈以西30°，恒星时为2时，此时正在通过子午圈的所有恒星的恒星时都是2时。同理，当春分点在子午圈以东45°，正在通过子午圈的所有恒星的恒星时都是21时（24时−45°/15°=21时），以此类推。只要知道春分点离开子午圈的位置，就可知道当时的恒星时了。但是，春分点在茫茫星空中并不像天北极那样有一颗北极星为标志。所以，要直接找出春分点的位置是很困难的。

不过，我们也可以从上边谈的得出：当某颗恒星上中天时即它的时角为0°，此时的恒星时等于该恒星的赤经。每个恒星的赤经都测算出来了（见书后附表中主要恒星的赤经、赤纬）。因此，可以反过来利用恒星的赤经来确定春分点，再来确定恒星时。比如，织女星的赤经18时36分，则织女星来到子午圈上的瞬间，也就表示子午圈与春分点的距离是18时36分，即当时的恒星时是18时36分。

这就是说在子午圈上的恒星的赤经，就是当地的恒星时。

这一点很重要。如果知道什么星星来到子午圈上，只要查出那颗星的赤经就可以知道恒星时了。也可以进一步理解，某恒星，比如织女星上中天时的恒星时是18时36分，当它移到南偏西60°，此时的恒星时就是22时36分。可见，知道某恒星离开子午线的角度就可知道当时的恒星时了。

用上述方法确定恒星时，首先要知道子午圈。在夜间通常由北极星定出自己所在的子午圈。如果不知道子午圈的位置，又怎样用恒星来定方向呢？

这里有个简单公式，可随时利用恒星确定方向：

当地恒星时＝(太阳赤经＋12时)＋地方平时

式中，地方平时即当地的平太阳时，采用24小时制。东经120°的地方平太阳时就是北京时间。平太阳时是平太阳日的1/24。以平太阳日上中天作为1 d的开始，就要在白天改换日期，对生活、工作实在不便。后来，改为以平子夜（平太阳下中天时刻）为平太阳日的起算点，故加上12。这时，可将（太阳赤经+12）称为子夜恒星时。

太阳赤经时数是怎样得出的呢？太阳在春分时向北运动到赤道上，此时太阳赤经0°或0时；夏至时太阳运行到最北，达到北纬23°26′，太阳赤经是90°或6时；秋分又返回赤道，太阳赤经是180°或12时；到冬至时，太阳运行到最南，达到南纬23°26′，太阳赤经270°或18时；之后，再返回到赤道，太阳赤经又是0°或0时。这样，太阳在1 a中的赤经变化是由0°到360°或由0时至24时，即太阳在1 a中在天球上的恒星中间走了1圈。1圈360°，用了365 d 5 h 48 min 46 s，即365.242 2 d，也就是前边讲的1个回归年。每年春分时，太阳位于春分点上，从春分点起，每天向东移动大约1°（59.2′），每月移动约30°。用赤经时数表示，即每天向东移动赤经4分，每月向东移动赤经约2时。由此，可算出任何1 d的太阳赤经。尽管这样算出的太阳赤经有点误差，不过每年的日历上都有各节气日期和交节

气的具体时刻，可以修正。

例1：2012年夏至时刻是6月21日7时8分48秒，此时的太阳赤经是90°或6时。2012年10月1日，太阳赤经是多少？

解：查日历，9月22日逢秋分，太阳赤经180°（即时角12时），秋分到10月1日为9 d，9 d中太阳移动的赤经为4分×9=36分，所以10月1日太阳赤经为12时36分。

算出了太阳赤经，看一下手表时间，就可算出当时的恒星时了。你如果现在在北京，手表上是2012年10月1日下午7时55分，能够算出这时的恒星时吗？这时，代入公式即可。

当时的恒星时＝（太阳赤经＋12时）＋地方平时
＝（12时36分＋12时）＋19时55分
＝44时31分（大于24，要先减去24）
＝20时31分。

注意，钟表上的北京时间是东经120°的平太阳时，不是北京市内的地方时。公式中的地方平时即当地平太阳时，在120°E附近，可用钟表上的北京时间代替。计算时在地方平时位置代入钟表时间算得的是东经120°的地方恒星时。如果观测地点不在120°E附近，应当进行经度差修正。北京的经度是116°19′E，在120°E以西，地方恒星时小于120°E的恒星时，与120°E时间差是14.7 min，即晚14.7 min，应减去这一修正值。

北京的地方恒星时＝20时31分－14.7分
＝20时16.3分
＝20时16分18秒。

若是在沈阳，沈阳的经度是123°26′E，与120°E的时间差为13.7 min，计算时，用手表上的时间（北京时），代入公式。沈阳的地方时比北京时早13.7 min，应加上修正值，所以

沈阳的地方恒星时＝20时31分＋13.7分
＝20时44.7分
＝20时44分42秒。

若在乌鲁木齐，乌鲁木齐经度为87°37′E，与120°E相差32°23′，合2 h9.5 min，在120°E以西，应减去：

乌鲁木齐地方恒星时＝20时31分－2时9.5分
＝18时21.5分
＝18时21分30秒。

至此，我们已经掌握了计算当时当地的恒星时的方法。有了地方恒星时，就可用来判断当地的子午圈了。

仍以前例说明。已知沈阳地方恒星时是20时44.7分。根据这一数据查书后附表8，看哪颗星的赤经最接近20时44.7分。查得天鹅α（中名天津四）的赤经是20时41分。即天津四这时正是上中天，在子午圈上。从天顶到天津四画一条线就是当地子午圈。它与地面交线就是南北线。面对天津四，就是面对南北方向。

我国古代把天鹅座大十字架看做是波浪翻卷的天河上的一只渡船，天河在这里有个渡口，故称天津。天津四位于大十字架的前部。这大十字架又像翱翔在天河上的一只天鹅。可惜的是牛郎和织女并不知道，连帮他们搭桥的喜鹊也不知道，每年“七夕”总要忙碌一番，飞往天河搭鹊桥，真是多此一举。天津四是1等星，好像那只渡船上的明灯，照亮了天河两岸，好让牛郎、织女和孩子们上船相见，共度良宵。它的实际亮度比太阳光还强5.4万倍。在夜空中，天津四和牛郎、织女三颗亮星组成了大三角形，夏秋傍晚，仰望中天，很容易认得出来。

有两点应当说明：①恒星坐标的“赤纬”在天赤道以南为负（–），在天赤道以北为正（+）。对北半球观测者来说，恒星赤纬大于你所在的地理纬度，面对该恒星上中天的方向就是北方。比如，在沈阳观测天津四正好上中天，天津四的赤纬是+45°12′，沈阳纬度是41°46′N，面对天津四就是面对北方。反之是南方。至于赤纬为负（–）的恒星，对于北半球的人来说，当它上中天时都在天顶南方。②计算出的恒星时与附表上

该恒星的赤经时数不完全一致，若有差异，把这个差数按每4 min1°，化为度数，加上或减去这个度数，再找出子午圈，定出南北线。

具体做法是：如果所观测恒星的赤纬低于观测者所在的地理纬度，若计算出的恒星时小于该恒星的赤经时数（表示还未来到当地子午线上），则从该恒星所在的方向，向右转若干度（计算出的恒星时与恒星的赤经时数之间的差数所换算成的度数）就是南方；若计算出的恒星时大于该恒星的赤经时数（表示已移过了当地子午线），则从该恒星所在的方向，向左转若干度就是南方。

如果所观测恒星的赤纬高于观测者所在的地理纬度，若计算出的恒星时小于该恒星的赤经时数（表示还未来到当地子午线上），则从该恒星所在的方向，向左转所差时数换算成的度数，就是北方；若计算出的恒星时大于该恒星的赤经时数（表示已移过了当地子午线），则从该恒星所在的方向，向右转所差时数换算成的度数，就是北方。

再以上例进行说明。如果在沈阳10月1日晚8时30分观测天津四，这时恒星时是21时6分，已大于天津四的赤经，其差值为21时6分-20时41分=25分。即这时天津四已偏离子午圈西面25分/4=6.25°。25 min之前已经到达子午圈上，所以面向天津四向右转6.25°，就是子午圈方向对应的北方。若那天观测的时间是晚上7时30分，则那时的恒星时是20时6分，小于天津四的赤经20时41分，差值是35 min，合35分/4=8.75°，即在35 min之后天津四才来到上中天。于是面对天津四向左转8.75°，就是子午圈方向对应的北方。

至此，我们已经清楚了利用恒星时判断方向的具体方法。

6. 根据恒星时计算时刻

如果把前边的公式改动一下，只要知道太阳赤经和地方恒

星时，就知道地方平时了。把公式改写为：

地方平时 = 地方恒星时 -（太阳赤经 + 12时）

即当地当时的地方平太阳时是地方恒星时与子夜恒星时之差。其中，太阳赤经和地方恒星时的计算，前边已经谈过了。知道了“二分”、“二至”的太阳赤经时数，任何1 d的太阳赤经都可计算出来。而某颗恒星上中天时，这颗恒星的赤经时数就是当时当地的恒星时。例如，织女星的赤经是18时36分，当它上中天时，当时当地的恒星时就是18时36分；天狼星赤经是6时44分，当它上中天时，当时当地的恒星时就是6时44分。可见，利用任何一颗恒星上中天时的恒星时都可算出地方平太阳时。

例1：沈阳，2011年8月1日晚上，看到织女星上中天的瞬间，当时的地方平太阳时是几点钟?

首先，查出织女星的赤经18时36分，上中天时的恒星时就是18时36分，8月1日距6月22日（夏至）差40 d，按1 d1°计算，40°合2.67 h，夏至太阳赤经为6时，则8月1日的太阳赤经是（6+2.67）时，即8时40.2分。代入公式：

当时沈阳的地方平时 = 18时36分 -（8时40.2分 + 12时）
= -2时4.2分
= 24时 - 2时4.2分
= 21时55.8分
= 21时55分48秒。

若换算成北京时间需加上经度差修正，沈阳地方时比120°E的地方时早13.7 min。所以

当时的北京时 = 21时55.8分 - 13.7分
= 21时42.1分
= 21时42分6秒。

对于东8区的经度差修正值可采用（120°-经度）/15计算出来。负值表示该地在120°E以东，正值表示该地在120°E

以西。

若是所观测的恒星不在上中天怎么办呢?

这一点毋庸置疑，就是把该恒星的赤经时数加上离开上中天的角度所换算成的时数。在子午圈以东取负，以西取正。之后，再减去子夜恒星时，就是当时当地的地方平时。

例2：2012年1月22日（农历正月初一，春节）夜间看到天狼星南偏西30°，试求沈阳当时的地方平时。

解：首先，查附表，可知天狼星的赤经6时45分8秒，加上偏西角度换算的时数30°/15°=2时。

因为2011年12月22日冬至，此时太阳赤经为18时，1月22日距12月22日差31 d。每天移动59.2′（约1°），以赤经时数表示为移动了2.1时，即1月22日太阳赤经为18+2.1=20.1时=20时6分。代入公式：

地方平时 = 6时45分8秒 + 2时 -（20时6分 + 12时）
= -23时20分52秒
= 24时 - 23时20分52秒
= 0时39分8秒。

换算为北京时间：

北京时间 = 0时39分8秒 - 13分42秒
=0时25分26秒。

可见，此时刚刚听过欢庆龙年春节来到的鞭炮声。

为了熟练掌握，再举出几个例子。

面向北天，遥望北斗，除了能指示方向外，利用勺子底上的天权星（大熊γ），它的赤经是11时58分，近似看做是12时(图20)。当它上中天时，则当地当时的恒星时约为12时；当它位于北极星正下方时，恒星时约为0时；当它的位置在北极星正右方（东方）时，恒星时约为6时；当它位于北极星正左方（西方）时，恒星时约为18时。

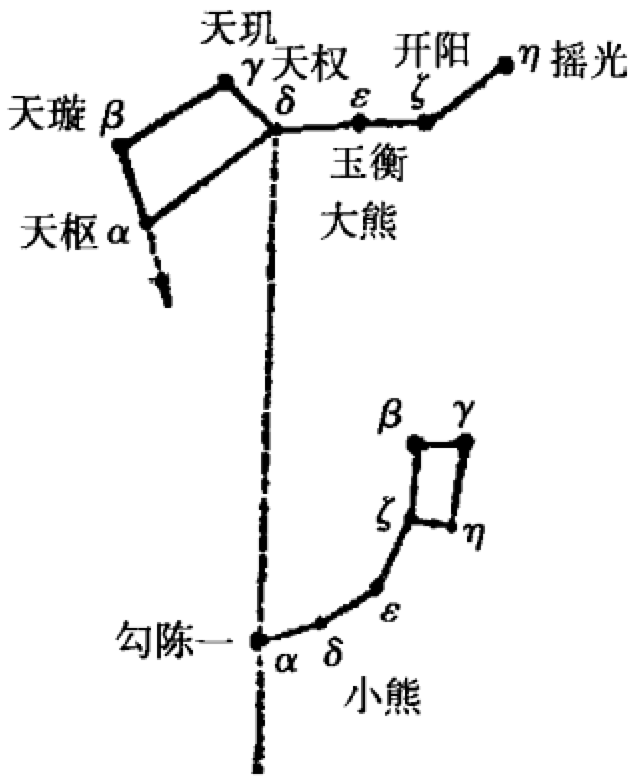


图20 大熊座与北极星

天权星接近下方时不易看见，尤其陇海铁路以南地区的人们就无法用它了，因为它已经没入地平线以下。好在这时与大熊座相对的仙后座上中天了。w形仙后座的右上角是王良一星（图21）。王良一星的赤经是0时6分36秒，即大约为0时。这颗星上中天时，恒星时约为0时；当它下中天时，恒星时约为12时；当它位于北极星正左方（西方），恒星时约为6时；当它位于北极星正右方（东方）时，恒星时约为18时。

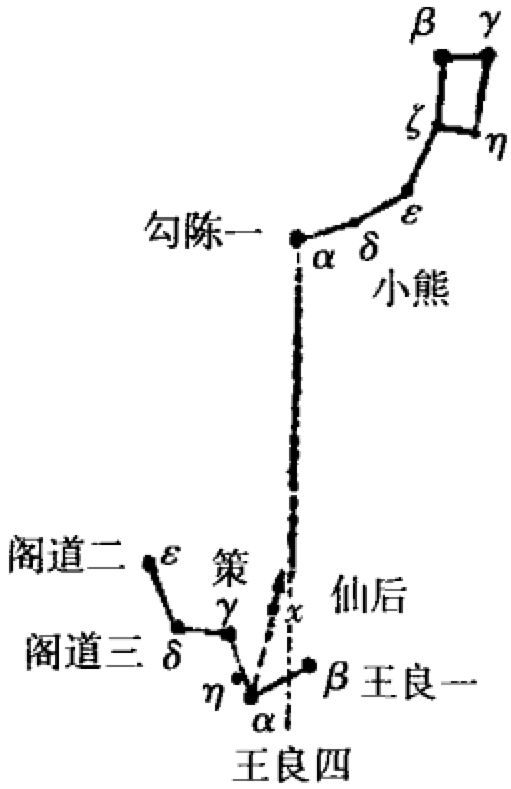


图21 仙后座与北极星

可见，利用王良一星和天权星可以直接定出恒星时，从而换算出当地当时的地方平时和标准时。

例3：沈阳2011年8月15日晚上看到王良一位于北极星正右方，求地方平时是几点？

解：

①王良一位于北极星正右方，恒星时是18时。

②6月22日夏至太阳赤经是6时，8月15日距6月22日已经过54 d，每d移动59.2′，则移动了53.3°，即太阳赤经又增加了3.55时，所以8月15日太阳赤经为9时33分。

③代入公式：

地方平时 = 18时 − (9时33分 + 12时)
　　　　 = 18时 − 21时33分
　　　　 = 24时 + 18时 − 21时33分
　　　　 = 20时27分。

④换算成北京时间：

北京时间 = 20时27分 − 13.7分
　　　　 = 20时13.3分。

学会在天球上估计角度的本领，无疑对判断方向和时刻是很有用的，至少下面的方法是可以掌握的。

①半圆仪测角。用半圆仪估测某恒星与子午圈之间的角度。

②手指测角。右臂向前伸直，张开食、中指，测量好它们与右眼间所夹的角度，用以测量天球上的恒星和恒星、恒星和子午圈之间的角度。手臂伸直，眼睛看大拇指与小指张开的角度为15 ~ 20°；伸直手臂握拳头的张角为8 ~ 10°；伸直手臂食指、中指、无名指三指合起的宽度约3°；食指宽度约1°。

③用天球上的日、月、星辰自身的距离数据作参照。如满月月亮上中天时的视直径和太阳上中天时的视直径大约都是0.5°（太阳的平均视直径31′59.3″，月球的平均视直径31′5.2″）。大熊座指极星（天枢、天璇）间的夹角大约5°，天枢至天权的张

角大约10°。织女星和天津四之间夹角约为30°。飞马座大正方形西边南北二颗亮星相距约为15°。猎户座矩形框上东西二颗亮星相距约10°，南北二颗亮星相距约15°。把它们当做量天尺可以用来估测天体间的角度。所选恒星以天赤道附近及其以北且接近上中天的恒星为宜，误差较小。

7. 北斗星钟

抬头望北斗，日日指航程。人们常常望着北斗，讲述北极星的故事。

不觉间一个小时过去了。自然地发现北斗勺子把的方向动了。那是因为北斗七星一昼夜围绕北极星转一圈的缘故。

是不是可以利用北斗星一天围绕北极星转一周这个现象来制作一座钟呢？当然可以，我们就把它叫做北斗星钟吧！

我们取来笔和纸，以北极星为中心，以北斗星中的指极星（天璇、天枢连线指向北极星）为钟的指针，并以它到北极星距离为半径画个圆，在圆周上等分地填上1、2、3……12表示钟点的时刻。正上方填12，正下方填6，右为3，左为9（图22）。这样，北斗星钟就做成了。



图22　利用北斗星定时间

把北斗星钟举上头顶，对照北方夜空。不过你应当记住：北斗七星在这个星钟上是逆时针旋转的。这是由于星辰是东升西落，所以北斗星钟的时针转动方向，就和普通钟表的时针相反，12时之后指11时，依次指10，9，8……

北斗星转1周是24 h，钟面只有12 h，可见钟面上走过1个相邻的钟点时刻（比如从10走到9）需要2 h。北斗星钟每相邻刻画间的夹角为30°。当指极星由12走到9.5处时，所经过的时数是（12－9.5）×2＝5 h，在这段时间里指极星移动了75°角。

勺子沿上那颗指极星天枢星的赤经大约是11时0分47秒，它上中天时的恒星时可看做是11时，当它位于北斗星钟上9.5时的恒星时为11＋5＝16时。

如果这1 d是2012年7月20日，因为6月21日夏至，太阳赤经为6时，按1 d移动约1°计算，29 d移动29°，合1.9时，所以7月20日的太阳赤经是7.9时，则子夜恒星时是7.9时＋12时＝19.9时。

那时的地方平时＝地方恒星时－（太阳赤经＋12时）
＝16时－19.9时
＝24时－3.9时
＝20.1时
＝20时6分。

利用北斗星钟，计算子夜恒星时还有一个简便方法。先记住1月1日的子夜恒星时是6.6时或6.7时。上年冬至在12月22日，来年1月1日子夜恒星时取6.6时；上年冬至在12月21日则取6.7时。以1月1日为起算点，每过1个月加2 h，每过1 d加4 min。

比如，2011年冬至在12月22日，则2012年1月1日子夜恒星时为6时36分。从1月1日至7月20日为201 d（2012年为闰年，2月只有29 d），合201×4分＝804分＝13时24分。

子夜恒星时 = 6时36分 + 13时24分

= 20时0分。

与前面计算的结果19.9时相比，几乎一模一样。

能不能把上面的计算归纳成一个简单的公式？当然可以。这个公式应当这样表达。

地方平时 =（11时+2*G*）-（6.6（或6.7）时 + *R*/15）

= 4.4（或4.3）时 + 2*G* - *R*/15

式中，*G*为北斗星钟指针即指极星绕北极星从上中天向左转（逆时针）所指的刻画格数，如从12走到11为1格，走到9.5为2.5格……估计格数必须准确；*R*为观测日期距1月1日的日数。太阳赤经每天大约移动1°，所以用日数代替了移动的度数；11时为指极星天枢星的赤经；6.6（或6.7）时为1月1日的太阳赤经，上年冬至在12月22日取6.6，在12月21日取6.7；15为将度换算为小时的系数，即每移动15°需要1 h。

现在，我们用上边的例子验证一下。

地方平时 = 4.4 + 2.5 × 2 - 201/15 = -4时

= 24时 - 4时

= 20时。

与20时6分相比，误差很小。

其实，还有更简单的公式可直接计算出北京时。

北京时间 = 36.4时 - 经度 - 2（*T* + *M*）时

式中，*T*为钟面数字，即北斗星钟上刻画位置数，指针指“10”取10，指“6.5”取6.5。每走1刻画需2 h（图23）；*M*为由当年1月1日算到观测时的月数，每3 d折算成0.1月；36.4为常数；经度为观测地的地理经度，以时数表示。

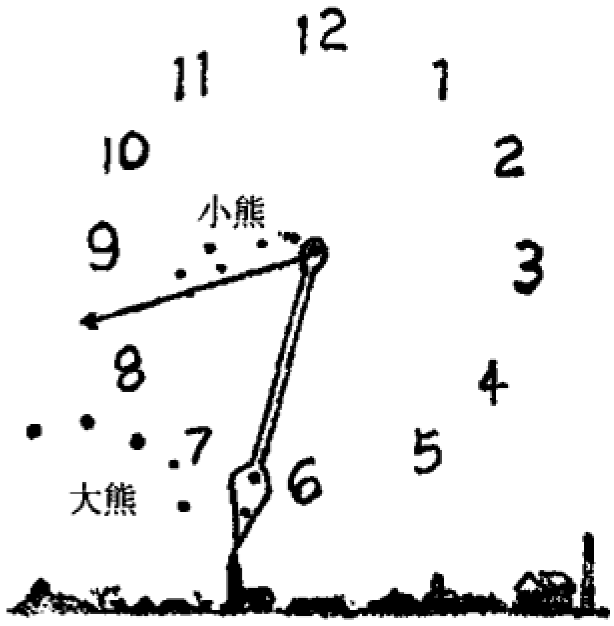


图23 星钟上刻画位置

需要注意的是，即使一个城市，东郊、西郊经度是不同的。比如，北京东郊火车站经度是116°28′E（7时46分）；北京天安门是116°27′36″E（7时45.8分）；北京西郊中国气象局院内是116°19′E（7时45分）。再如，在沈阳纬度上，东西方向上每相差82.9 km，经度就差1°；每相差1.38 km，经度差1′；每相差23 m，经度差1″。所以沈阳东郊、东北区域气象中心、沈阳火车站之间的经度相差10′以上。

例1：2012年6月1日晚上，在东北区域气象中心看北斗星钟，指针指“10”，这时北京时间是多少？

解：东北区域气象中心经度是123°26′E，用时数表示为8.2时。6月1日距1月1日为5.03个月，即$M=5.03$，代入公式：

北京时间＝36.4时－8.2时－2（10＋5.03）时

＝－1.86时

＝24时－1.86时

＝22.14时。

即观测时的北京时间是当天晚上10时8.4分。

同样，也可利用仙后座β星和北极星的连线当成“时针”。钟面刻画和时针转动方向与北斗星钟时针一样（图24）。这时只要把36.4换成25.5就行了。

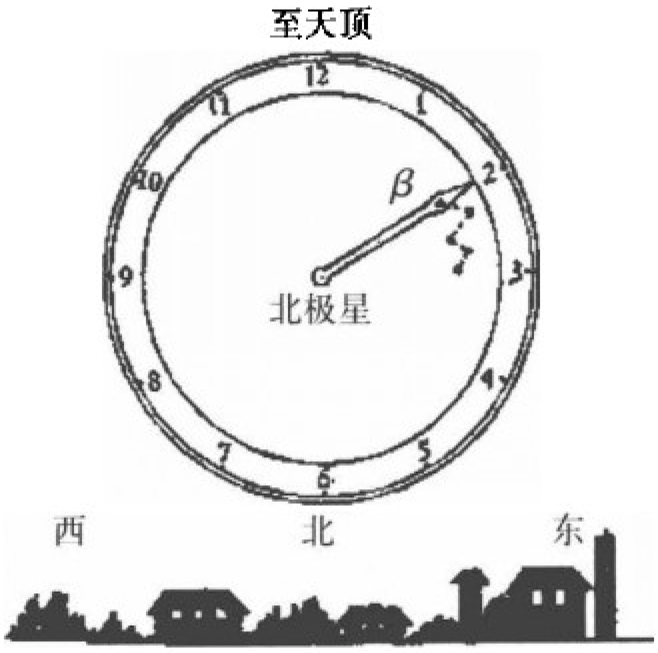


图24 利用仙后座定时间

例2：2012年6月9日下半夜，于东北区域气象中心看到“仙后座星钟”时针指到“2”的位置，这时北京时间是多少？

解：东北区域气象中心经度是123°26′ E，用时数表示为8.2时。6月9日距1月1日是5.33月，$T=2$，代入公式：

北京时间 = 25.5时 – 8.2时 – 2（2 + 5.33）时

= 2.64时。

即观测时北京时间是凌晨2时38.4分。

现在，说一说常数36.4和25.5是怎样得来的？

我们曾记得有个公式：

当地平太阳时 = 当地恒星时 – 当天的子夜恒星时

式中，当地平太阳时为平太阳对当地子午圈的时间，平太阳上中天时当地平太阳时为0时或24时，每向西移动15°，增加1 h；当地恒星时为恒星赤经加上观测瞬间的恒星时角之和；时角为恒星对当地子午线的夹角，在子午线之西为正，在子午线之东为负，每15°化为1 h；子夜恒星时为当地子夜瞬间的恒星时，可从每年1月1日（太阳赤经6.6时，即恒星时为6.6时）的子夜0时算起，以后每天约加4 min，1个月加2 h，其他日期的子夜恒星时等于6.6时 + 2 × M时。

于是上面的公式就可改写为：

当地平太阳时＝恒星赤经＋时角－（6.6时＋2M时）

由于星钟表面是12等份，而1 d是24 h，所以把时角和北斗星钟面上刻画位置数T的关系可写成：（24时－2T），因为钟面数字是顺时针方向，实际星空是逆时针方向旋转，每刻画合30°，即2时，故取（24时－2T）。

当$T=12$时，$24-2T=0$；

当$T=1$时，$24-2T=22$；

当$T=5$时，$24-2T=14$……

又因为北斗时针天枢星的赤经是11时，于是公式又写成：

当地平太阳时＝11时＋（24时－2T）－（6.6时＋2M时）

＝28.4时－2（$T+M$）时。

把当地平太阳时换算为北京时间，要加上经度差修正。

修正值为：8时－经度/15。

8时为东8区区时，经度以时角表示为120°E/15°＝8时。

当观测地是120°E时，修正值为0；在120°E以东修正值为负；在120°E以西修正值为正值。这时上式可改写为：

当时北京时间＝28.4时－2（$T+M$）时＋（8时－经度/15）

＝36.4时－经度/15－2（$T+M$）时。

同理，对仙后座星钟而言，这时仙后座β的赤经为0时6.6分，即0.1时。所以有：

当时北京时间＝0.1时＋（24时－2T）－（6.6时＋2M时）＋（8时－经度/15）＝25.5时－经度/15－2（$T+M$）时

有了上面2个简化公式，看星星判断时间就方便多了。

由此还可知道，可以利用北极星周围的其他任何一颗亮星做钟的指针，建立新的星钟和公式。凡是有兴趣的人们都可试试看。

8. 星盘测时

既然北斗星、仙后座1 d绕北极星旋转一圈，能不能做成一个钟盘，判断时间时拨动一下钟盘，不是能马上知道时间了吗？

这个思路好。我们现在就做一个星盘吧！

取来硬纸壳，分成甲、乙、丙3层。甲盘周围按逆时针方向画上月份，每月分3格（或6格），每格约10 d（或5 d）。乙盘周围等分24 h，按逆时针方向记上数字。丙盘以北极星为中心，按准确位置画上北斗星和仙后座指时针。然后，三盘同心钉好，就做好了星盘。

做好的星盘就可以方便地在室外应用了。

指极星（天枢、天璇）的赤经是11时，在每年9月6日午夜指正北方向。我们就把星盘上9月6日位置向下定为北点，并令相对的一点指向天顶方向。

使用时，把“24”对准甲盘上观测的月份和日期。面向北方，把星盘的“北点”和地面上的北点对好，并使星盘上的“北点”和天顶连线同子午线方向相一致。然后，拨动丙盘上的“北斗时针”，使它和天空上“北斗时针”的方向角相同。就可读出大概时间了。

如图25所示，2012年6月1日晚上观测，把“24”对准6月1日位置，拨动丙盘，使盘上北斗和天象一致，此时星盘所指的时间正是晚上10时10分。

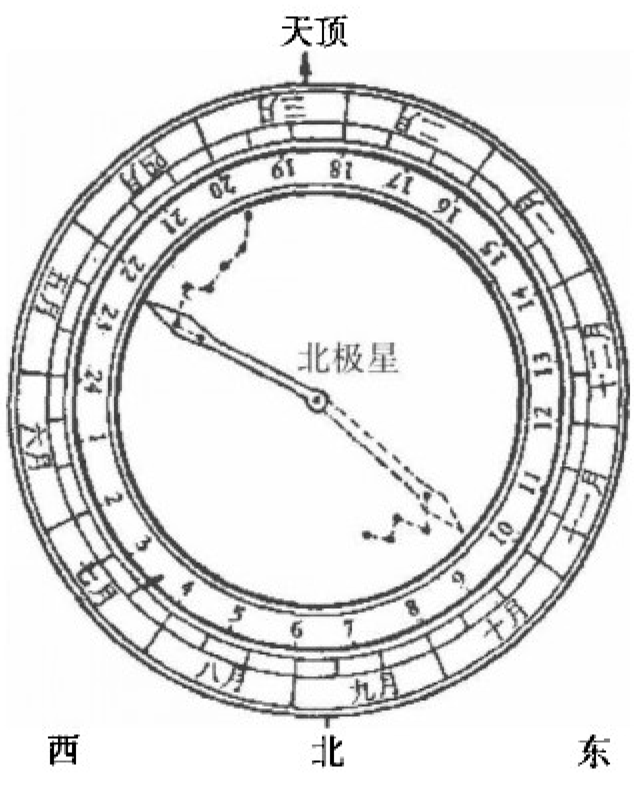


图25 利用星盘定时间

这与上一节例1的计算结果——晚10时8.4分，相差无几。可见，用事先作好的星盘判断时间简便多了，随时可用。

如果用“仙后时针”，则要记住仙后β星的经度是0时6.6分，在每年3月23日半夜，时针指向北方。我们就在3月23日下面取一点作为“仙后星盘”的“北点”。

观测时，把“北点”和地面的北点对好。“北点”和天顶连线调到子午线上，再把“24”对准观测的月份和日期。然后，拨动丙盘时针，使之与天上仙后座时针方向一样，就可知道时间了。把读得的结果加上经度差修正，即加上（8时-经度/15），就可得到该地当时的北京时间了。

利用恒星测时方法诸多，要细心琢磨，仔细研究，经常观察星座的移动，掌握其运动规律。熟能生巧，还可自己制作和创造新的测时工具。在郊外，在海滨，在山野农村，在茫茫戈壁，只要天气晴朗，利用恒星判断方向和时间会有无穷的乐趣。

六、利用行星判定方向和时刻

利用太阳、月亮、恒星可以判断方向和时间，利用行星能不能判断方向和时间呢？在这一讲里就讲一讲这个问题。

太阳刚刚落山，繁星还没有闪亮，唯有西南天空有光芒四射的金星陪伴着。金星有许多故事。它高悬西南方碧空，中国古代称它是长庚星，它的出现，夜间将延长了。因为它出现在黄昏，又称它是昏星。那时，还不了解早上也有一颗明亮的星，天未破晓，就从东方升起，一直到太阳出来才慢慢消失在明亮的天空深处。古代称它是启明星，它的升起开启了黎明。因为它出现在清晨，又称它是晨星。其实，天文学早已证实，二者是同一颗星，天上第3颗明亮的星辰——金星。中国古代也称其为太白金星。

金星一早一晚都能见到，夜间看不见。白天因为太阳光实在太强，无法见到。除金星外，还有一颗星有时早晚也能见到，而夜间和白天见不到，读者们猜猜看，那是哪颗星？水星。

有的年份一个晚上可能见到金星、火星、木星、土星一个接一个出现。这是怎么回事呢？

当太阳系中的八大行星，先后运动到太阳的同一侧。如果站在太阳上观测，将会看到八大行星聚会在180°角的区域内，并且在各自的区域内，角度逐渐缩小到一定的程度。如1982年3月10日角度缩小到96°。九大行星（当时冥王星还属于行星行列）一个挨一个，好像一串珍珠挂在天边，人们称这种现象为“九星连珠”。九大行星大约每隔179 a会聚一次，最近的一次是1982年3月10日和5月中旬发生的聚会。在此以前的1803年也发生过。下一次聚会距这一次间隔时间很长，大约出现在公元2357年。2004年5月8日，木、土、金、火、水五颗行星，在

天球上汇聚于60°范围内，犹如一串珍珠排成一列，形成“五星连珠”，运行在金牛座，撒落在夜幕降临的西方天空。楚楚动人，引来无数人观看。

为什么只有早晚才能见到金星、水星，而火星、木星、土星有时会整夜看见呢？要回答这个问题，还得从行星的特征以及它们的运行规律谈起，为此首先应当认识一下行星。

1. 行星的分类

行星是太阳系家族里的基本成员，要在茫茫星海中认出它们来是不难的。

第一，行星的质量小，它们的总质量只有太阳的1/750，总体积只有太阳的1/600。第二，行星不发射可见光，只反射太阳光，在大气抖动下，行星不像恒星那样有一闪一闪的星光闪烁现象。第三，行星绕着太阳运动，在天空背景上，在不太长的时间内，有明显的相对移动，恒星不是绕太阳运动的，在几百几千年内看不出在星际间的移动。如果手头有一张星图，那么星图中所没有的星，而且在星空中看起来相当亮的，就是行星。根据这些特征，在晴朗的夜晚是不难将它们从众多的繁星中识别出来的。

各个行星表面的物质不同，对来自太阳的各种光波的反射情况也不同。在八大行星中，除地球外，在星空中水、金、火、木、土星是明亮的，其他行星小而且遥远，肉眼见不到。水星颜色有点含白，金星是全星空最亮的黄白色行星，火星对红光反射特别强而呈红色，木星是仅次于金星的亮星，呈青白色，土星是淡黄近乎黄白色的行星。根据颜色的不同也可以在茫茫星海中区别出它们来。

八大行星中，木星的赤道直径、质量和体积最大，如以地球为1，木星的赤道直径、质量和体积分别为11.2，317.94和1 316.0。水星的赤道直径、质量和体积最小，分别为0.383、

0.05和0.056。平均密度以地球最大，为5.52 g/cm^3，土星最小，为0.70 g/cm^3。八大行星绕日公转的轨道均为椭圆，轨道长半径如以地球为1，则海王星最大为30.24，水星最小为0.387。公转周期以地球的1 a为标准，水星最短为0.241 a（87.9 d），越向外公转周期越长，海王星为164.8 a。公转方向均和地球公转方向一样，如在地球北极看，都是逆时针方向，即自西向东公转。自转周期金星最长243 d，木星最短9 h 50 min自转1周。自转方向，除金星自东向西自转外，其他行星都是自西向东自转。

八大行星中，根据其形态特征和距日远近，分为类地行星（水星、金星、地球、火星）、巨行星（木星、土星）、远日行星（天王星、海王星）。

在天文学上，常常根据行星的物理化学特征，分为类地行星（水、金、地、火）和类木行星（木、土、天、海）。

根据行星对于小行星带的位置，分为内行星和外行星。

根据行星对于地球轨道的位置，分为地内行星和地外行星。水星、金星的轨道在地球轨道之内，叫地内行星；火星、木星、土星、天王星、海王星的轨道在地球轨道之外，叫地外行星。

行星在太阳系中距离太阳远近分布的总特点是：里密外疏。越接近太阳的行星（水、金、地、火）分布越密，越向外面的几颗行星（木、土、天、海）分布越疏，占据了太阳系的绝大部分空间。

地内行星中，水星是太阳系中离太阳最近的行星。在八大行星中是小老弟，其赤道半径只有2 440 km，为地球的0.383倍，体积也比地球小得多。它离太阳平均距离为5 790万km。因为距太阳近，几乎经常被黄昏或黎明的太阳光辉所淹没。只有当它与太阳的角距离达最大值，约28°时，才有可能用肉眼看到。

金星也叫太白金星，是天空中除太阳、月亮之外最亮的天体，其视星等达–4等至–4.4等。其质量、体积均比地球略小。密度接近地球为5.26 g/cm^3。东西大距时与太阳的角距离可达到45°以上，很容易看到。

地外行星中的火星、木星、土星可以在夜间看到。其中木星又称岁星，是太阳系中最大的行星，半径有地球的11倍多，体积为地球的1 316倍。土星又称镇星，在八大行星中仅次于木星，排第2位。火星古代称荧惑，火红色。体积、质量都比地球小很多，但其颜色引人注目。由于它接近地球，又发现其南北极可能有水，可以作为飞向其他星球，飞出太阳系的中间站，所以备受关注。向其发射了许多次探测器，取回来土样，研究其存在生命的可能性及建立中继站的可能性。天王星、海王星用肉眼是看不到的。

2. 行星运动的基本特性、黄道带

行星运动具有三大基本特征：同向性、共面性、近圆性。

同向性：行星公转的方向相同。从北极上空看八大行星都沿着自己的轨道呈逆时针方向运转，即自西向东绕着太阳公转。

共面性：行星公转的轨道平面相互接近，几乎在同一个平面上。八大行星中水星公转轨道对于地球轨道面的倾角最大，为7.005°，水星3.4°，其他均不足3°。

近圆性：行星绕日公转的椭圆轨道都比较圆。椭圆短半径（b）与长半径（a）之比b/a为1，表示轨道最圆。由表7可见，各行星b/a均在0.97以上，接近圆形。其中，海王星最圆，其次为金星、地球。轨道形状也可用轨道的偏心率e来描述，按偏心率而言，同样是海王星最圆，金星其次，地球第三。

行星轨道运动的三大特征如表7所示。

表7 行星椭圆轨道运动的数据

项目	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星
i/(°)	7.005	3.4	0	1.9	1.3	2.5	0.8	1.8
a	0.378	0.723	1.000	1.525	5.205	9.576	19.280	30.130
b/a	0.978 6	0.999 95	0.999 90	0.995 70	0.998 80	0.998 50	0.998 70	0.999 96
e	0.205 770 0	0.009 999 8	0.014 140 0	0.092 640 0	0.048 970 0	0.054 750 0	0.050 970 0	0.008 940 0
T	0.241	0.615	1.000	1.880	11.860	29.460	84.010	164.800

表7中，i为行星轨道面对地球轨道面（黄道面）的倾角，反映行星运动的共面性特征，也反映行星运动的同向性，如果相反，天文学中规定用钝角值表达；a为行星椭圆轨道的长半径。由a值分别也可看出行星有“里密外疏”的特点；b/a为椭圆轨道短半径（b）与长半径（a）之比，比值等于1时，轨道为正圆形，比值越小轨道越扁，这一比值用来反映行星运动轨道的近圆性特征；e为偏心率，$e=(1-(b/a)^2)^{1/2}$，用来描述椭圆轨道的偏心情况。当$e=0$时为圆形，当$0<e<1$时为椭圆，e越大，越接近于1，椭圆越扁；T为行星绕日公转的周期。

行星与太阳的平均距离，可以用1772年德国学者提丢斯和波德发现的提丢斯-波德定则来描述。这一定则表示为：

$$a = 0.4 + 0.3 \times 2^n$$

n值分别取$-\infty$，0，1，2，3，4，5，6，7。取$-\infty$为水星位置，取0为金星位置，取1为地球位置，取2为火星位置，取3为小行星带位置，取4为木星位置，取5为土星位置，取6为天王星位置，取7为海王星位置。按定则计算的结果分别为：0.4，0.7，1.0，1.6，2.8，5.2，10.0，19.6，38.8。与表7中的a比较，可知非常相近。运用这一定则，1781年在$n=3$即在2.8天文单位的位置上没有发现行星，却有一群小行星，反而在$n=6$处发现了天王星。此后，1846年$n=7$处发现了海王星。据此规律，也可看出行星的分布具有里密外疏的特点。我们还可以设想：能不能在海王星外侧76.8～77.6个天文单位附近的地方发现太阳系的新行星呢？这是一个饶有兴趣的问题。

在夜空中，你会发现行星的运动在黄道两侧，而不会出现在南北半球中高纬度的头顶。这是因为八大行星绕日公转的轨道面几乎在同一平面上。我们已经知道，黄道面和地球赤道面

的交角是23°26′21″。由表7看出行星的轨道面与黄道面的夹角很小，都在7°以下。只有水星的倾角稍大。因此，行星位置距天赤道南北最大的角距离只有30.44°。

通常把黄道两侧各8°的地带，叫黄道带。在星空中应该知道黄道带的范围，以便确定黄道十二宫。

黄道带内，主要有12个星座，叫黄道十二宫。它们是双鱼座、白羊座、金牛座、双子座、巨蟹座、狮子座、室女座、天秤座、天蝎座、人马座、摩羯座、宝瓶座。每个星座空间夹角范围大约30°。

太阳在黄道十二宫中运行的日期如下表8。

表8 太阳在黄道十二宫中运行的日期

春季		夏季		秋季		冬季	
星座	日期	星座	日期	星座	日期	星座	日期
双鱼	03-14—04-18	双子	06-23—07-22	室女	09-19—10-31	人马	12-19—01-18
白羊	04-19—05-16	巨蟹	07-23—08-11	天秤	11-01—11-20	摩羯	01-19—02-19
金牛	05-17—06-22	狮子	08-12—09-18	天蝎	11-21—11-30	宝瓶	02-20—03-13
				蛇夫	12-01—12-18		
秋天晚上见到		冬天晚上见到		春天晚上见到		夏天晚上见到	

夜晚看到的宫正好与太阳所在宫是相对的。例如，春分前后太阳在双鱼座，晚上见到的是秋季太阳所在的室女座。外行星就在这些宫的星座中移动。

3. 星空中行星运行的规律

因为行星的轨道平面与黄道平面只有几度的倾斜，所以在地球上看，这些行星差不多都在黄道十二宫中移动。如果不求精确，可认为二轨道相合一致，这样我们推算行星位置时，只要求出该行星离开春分点的角度就可以了。这个角度就是黄经。

每年的《天文普及年历》和《天文爱好者》月刊都载有各颗行星在星座中的位置和移动路线。由于木星和土星离太阳较

远，地球的运动对其在星座中的影响不大。木星绕日公转周期是11.8 a（约12 a），所以每年木星沿黄道向东移动约30°，在黄道十二宫中大约移动1个星座。土星绕日公转周期是9.5 a，所以每年向东移动12.2°，即每隔2.5 a土星在黄道上大约向东移过1个星座。

人们会发现火星、木星等在天空中，有时很亮很大，有时发暗，其运动有时向东，有时向西，这是怎么回事呢?

要解释这个问题，必须从行星在星际空间的运行规律谈起。

我们知道，行星围绕着太阳运行，观察者从地球上看行星在天球上位置的移动，叫做行星的视运动。行星在其轨道上运行速度的大小是与它们的轨道半径的平方根成反比的。就是说，距太阳近的行星在轨道上的速度大；距太阳远的行星速度小。由此可见，地内行星的轨道速度大于地球的轨道速度；地外行星的轨道速度小于地球的轨道速度。（附录表11：行星公转轨道要素）行星运行速度相对于地球的运行速度的快慢对行星出没的规律和它们在星空中视运动状态有密切关系。

（1）地外行星运行的规律。当地外行星的黄经和太阳的黄经相等时，在地球上的人看来，该行星与太阳在一条线上，在太阳的背面，行星和太阳同升同落，我们看不到它，这时称为合（图26）。尽管行星都是绕着太阳自西向东运动，但因为地外行星的绕日公转角速度比地球绕日公转角速度慢，表现出好像是后退的运动（如图中箭头所示），所以合以后，它偏于太阳的西侧。

由于天球的旋转，地外行星在黎明前出现在东方，并随着西偏角度逐日增大，它的视黄经与太阳的视黄经相差由0°逐渐增至90°，从东方升起的时间也逐日提前。当它的黄经和太阳黄经相差90°时，称为西方照。西方照时，该行星午夜从东方升起，下半夜可见，清晨在南方。

西方照以后，升起的时间转为上半夜并逐日提早。当它的

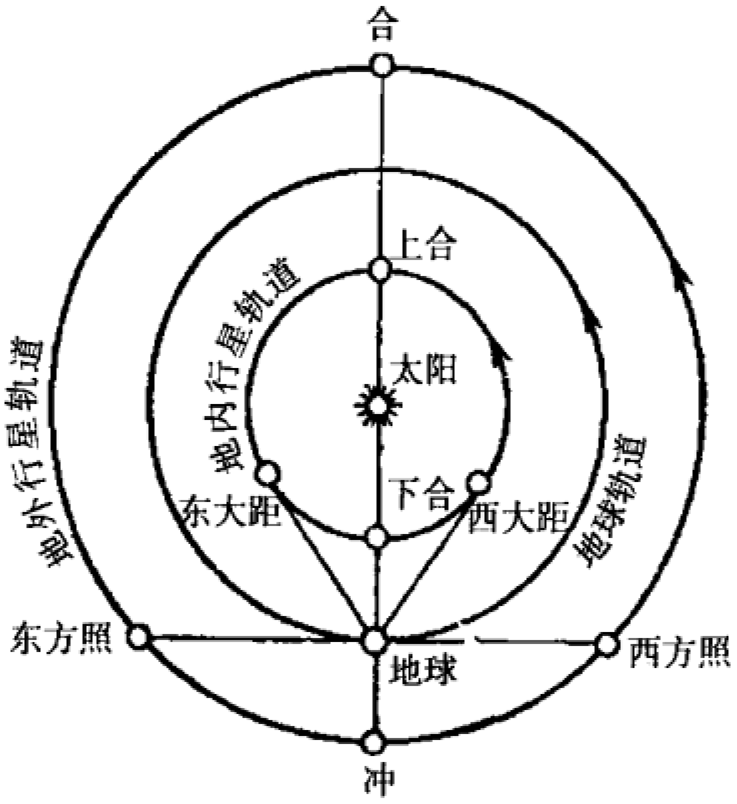


图26 内外行星运行规律

黄经和太阳的黄经正好相差180°时，称为冲日，简称冲。在冲日，日落时该行星从东方升起，午夜时在南方，日出时在西方落下，整夜可见。在行星轨道近日点上的冲叫做大冲，此时该行星距地球最近，也最亮。

冲以后，该行星偏于太阳的东边，并且东偏角度逐日减小，即它的视黄经与太阳的视黄经相差由180°逐渐减至90°。当它的黄经又和太阳的黄经相差90时，称为东方照。东方照时，该行星正午从东方升起（这时太阳光特强，看不见），日落时它出现在南方天空，上半夜可见，午夜西落。

东方照以后，该行星从东边逐日靠近太阳，东偏角日趋减小，当它的黄经和太阳的黄经相等时，日出时从东方升起，即与太阳同升同落，又是合日了。继续下去，再接近西方照。地外行星就是这样周而复始地实现着相对于太阳的视运动。

地外行星冲日时最亮，光度最大。木星冲时光度为-2.5等。土星冲时光度-0.4等。火星冲时光度达到-2.8等。大冲时是观测外行星的最好时机。

那么，水星和金星又是怎样在天空中运行的呢？

（2）地内行星运行的规律。地内行星的黄经和太阳的黄经相等时称为合日，简称合。这时行星、太阳与地球位于同一条直线，且太阳和这个行星位于地球的同一侧。合有上合、下合之分。比太阳远的合日为上合，比太阳近的合日为下合（图26）。

合时，该行星和太阳同方向，我们看不见它。因为地内行星绕日公转角速度快于地球绕日公转角速度，所以上合以后，该行星出现在太阳东侧。由于天球的周日旋转，太阳将先于该行星落入地下。所以可以在日落后的西方地面之上一定高度看到它，这时称它是昏星。之后，地内行星偏于太阳东侧的角距离逐日增大，日落后，在西方地平线上的高度也随之增大，出现的时间也随之延长，直到角度最大，这时称东大距。

东大距之后，地内行星与太阳之间的角度逐日减小，日落后在西方地平线上的高度也随之减小，出现的时间也随之缩短，直至下合为止。

下合时由于该行星与太阳方向一致，而看不见，此时如果该行星正好通过日面，就叫做行星凌日。此时，水星或金星的身影会叠加在太阳的表面上，使太阳表面出现它们的投影点。2004年6月8日发生金星凌日，全程历经6 h 18 min。由于水星、金星的公转轨道与黄道面有一定倾角，水星、金星与太阳“合”时，多在太阳的上方或下方掠过，不发生凌日现象。只有在“合”时水星、金星恰巧离黄道面很近，才发生凌日。其道理和日月食发生的条件的道理相同。

下合之后，地内行星出现在太阳的西侧，由于天球的周日旋转，它将先于太阳落入地下，我们在西方看不到它。但是，它却先于太阳从东方地平线升起，所以可以在日出前看到它，这时称它是晨星。之后，地内行星偏于太阳西侧的角度逐日增大，日出前它出现的时间越来越长，直到角度最大，这时称西大距。

西大距之后，地内行星与太阳之间的角度逐日减小，直至上合为止。之后，又继续下去，地内行星就是这样周而复始地实现着相对于太阳的视运动。这就回答了水星、金星为什么只能在早上和傍晚见到，其他时间见不到的问题。

由于地内行星（水星、金星）总是在太阳附近往返摆动，它们同太阳之间的角距离就有一定范围，下合日前后光度最大。水星的大距在18～28°之间，大部分时间它同太阳的角距离很小，所以几乎经常淹没在暮曙光中，只有在东、西大距，尤其东大距时，才容易被我们看见。

金星是夜空最明亮的行星，金星的大距在45～48°之间，大部分时间同太阳的角距离较大，很容易见到。金星最亮是在下合日前后各38 d，亮度达到–4.4等，即使白天也能看到。金星东大距时，日落后3 h才落入地下；金星西大距时，日出前3 h它从东方地平线升起，日出后可看到黄白色亮晶晶的金星高悬在东南方天空。比如，2001年6月8日金星西大距，最大时达46°。日出前出现在东南方天空；日出时，金星对地平的高度约25°，亮度为–4.3等。沈阳这一天早晨4时31分日出，5时30分还能看到金星在东南方天空高悬着。

行星在星空背景中，有时向东移动，有时向西移动，是行星相对于恒星的视运动引起的。行星在星际间视运动的轨迹是一条比较复杂的曲线。主要的移动方向是自西向东（赤经增加方向）与太阳的周年视运动方向一致，叫顺行。有时自东向西（赤经减小方向）与太阳的周年视运动方向相反，叫逆行。又有时看到某颗行星在天球上停滞不动，停在某个星座的固定位置上，过了一段时间又移动了，行星这种由顺行转为逆行，或由逆行转为顺行时停滞不动的现象，叫留。它实际上是行星的视运动方向与观测者的视线方向一致时，在天球上看不出该行星的视运动了，于是人们看上去，该行星就在天球上停留不动了。

行星大部分时间是顺行，小部分时间是逆行。地内行星的逆

行发生在下合前后；地外行星的逆行发生在冲日前后。地内行星的留出现在大距和下合之间；地外行星的留出现在方照和冲之间。由此就不难理解为什么行星有时向东，有时向西，有时不动了。

4. 行星出没与方向和时刻

掌握了行星在天空中的运行规律就不难利用它判断方向和时刻了。比如说，地内行星是东方出现，东方不见；西方出现，西方不见。东方出现是黎明，西方出现是黄昏。在夜里是不会看到水星和金星出现在天顶或近于天顶的天空中部的。

金星在东大距时比太阳迟下山，在黄昏时见到它，只要估计其与太阳相距的赤经数，再查出该日太阳的赤经、日落时刻、方位，就可知道金星落入地平线的方向和时刻了。同理，金星在西大距时，比太阳早升起，查出该日太阳的赤经、日出时刻、方位，也就知道金星的方位和在这个方向上的时刻了。

金星的东、西大距不超过48°，所以晚上最晚9时以前，早上最早3时以后就可看到它。由此可以估计，傍晚时的金星大约在西方或西南方；黎明时的金星大约在东方或东南方。同样，按每h移动15°角度来判断方向和时刻。

水星，若早晨看到大约是东方，傍晚看到大约是西方。但由于水星距离太阳太近，人们很少有机会看到。最容易看到水星的时机是它东大距离太阳的角距离达25～28°时，在傍晚西南方天空可以看到水灵灵的白色水星。

地外行星在星际空间中移动得很慢，差不多一整年中在一个星座或相邻星座中移动。在一昼夜中，与背景星座一起绕地球运动，可参照星座的方位来估计它的方向或时刻。为此，应当充分利用《天文爱好者》月刊上的逐月行星动态图，了解各个行星所在的星座位置。

利用行星的运动规律精确地判定方向和时刻是不那么容易的，在天文学中有专门的研究。

七、尾　声

"天阶夜色凉如水，坐看牵牛织女星。"

初秋的夜晚，略带凉意。皎皎的银河，恰从头顶向西南流去；闪闪的群星，向人们述说着古老而神奇的故事；不时地还有飞快的流星划过深邃而宁静的夜空，它们都好像告诉人们它们内心隐藏着的秘密。

有了利用日月星辰判断方向和时间的知识，人们就会对宇宙的奥秘更感兴趣，因为那里蕴藏着无穷无尽的宝藏，可以去发掘；有无穷无尽的思绪，可以向它延伸；有无穷广阔的天地，可以去探索，去追求。无论宇宙、恒星、行星、太阳、地球、月球以及其他一切天体都有自己的运动轨道，是不以人们意志为转移的，都遵循着宇宙间物质运动的客观规律。这是科学，不是主观臆造，不是什么人的计上心来，来一个"第一次推动"。我们只能去认识，去探索，去发掘，去进行科学实践。

我国的"神舟"系列飞船、"天宫一号"空间实验室、"嫦娥"系列探月卫星、"东方红"系列通信卫星、"遥感"系列资源观测卫星、"萤火一号"火星探测器等卫星和大量的宇宙空间探测器的升空，都是对茫茫宇宙的科学探索。2012年6月16日我国发射了载有3名航天员的"神舟九号"飞船，圆满完成了"神舟九号"与"天宫一号"目标飞行器的交会对接任务，安全返回着陆。并将于2015年前发射"天宫二号"和"天宫三号"空间实验室，为在2020年升空的中国空间站进行准备。所有这一切均表明，未来我们对宇宙空间的探测具有极其光明的前景。

航天活动的发展一般要经历卫星及其应用、载人航天、深空探测三大阶段。我国在空间技术、空间应用、空间科学三大领域都在努力探索和开发。中国航天在地球探测和监测的同

时，积极占领地球大气层外近地球宇宙空间的制高点，开展深空探测。将月球探测作为首选目标，具有发展深空科技和国防战略意义。登上月球，是进军太空的第一步。未来，人类飞往火星、飞向木星，飞出太阳系的幻想将随着现代科学技术的发展，并非是不可实现的。人类的视野继续拓展着，我们将作为“外星人”到银河系或者河外星系的某个星球上去做客，到那时，你将怎样判断方向和时间呢？以什么作为方位坐标参照系统和参照物呢？建立怎样的空间方位和时间系统呢？在物质以光的速度运动时会发生空间和时间的扭曲，你又怎样判断自己的位置呢？遥望那森森赫赫的星海深处，有无数的课题和目标向你招手，要求你去解答，去探索，看谁首先冲向天际，攀上科学技术的新高峰，占领宇宙间的新阵地，夺取胜利的奖杯，与日月同辉，光耀祖国山河。

太阳的光辉普照大地，一派欣欣向荣，万物受宠于你。我们永不忘记，是你首先给我们指出了方向和时间。我们也感谢在茫茫宇宙间运动着的恒星、行星，为我们增添了无穷的乐趣，更感谢生我养我的母亲——地球，你的自转、公转才使我们有千姿百态的生活情趣，有了日、月、年，时、分、秒的观念。

这时，我们遥望群星灿烂的夜空，群星眨着扑朔迷离的眼睛，好像在和我们对话。

北方的苍穹苍苍茫茫，只有那颗千古不灭的北极星晶莹闪烁，明亮清澈，在人类生命的海洋上照耀着，引导着，陪伴着……

八、附　录

1. 日出、日没方位角的计算

按下式可计算出日出或日没时偏离正北方向的方位角α。

$$\alpha = \pm\cos^{-1}(\sin\delta/\cos\varphi)$$

式中，δ为太阳赤纬，在赤道以南为负；φ为地理纬度，南半球为负；$\cos^{-1}$为余弦函数的反函数；α为正值时表示日出北偏东的方位角，为负值时表示日没时北偏西的方位角。

如：沈阳$\varphi = 41°46'$ N，冬至日$\delta = -23°26'$ S，计算结果：日出方位角$\alpha = +112°13'$，即东稍偏南；日没方位角$\alpha = -112°13' = 247°47'$，即西稍偏南。注意：方位角是以正北方为起算点，且由北→东→南→西→北的顺时针方向计算的。

"二分"、"二至"日各纬度日出、日没的方位角

<table>
<tr><td rowspan="2">纬度</td><td>春分日</td><td>夏至日</td><td>秋分日</td><td>冬至日</td></tr>
<tr><td>0°</td><td>23°26′</td><td>0°</td><td>23°26′</td></tr>
<tr><td>90°N</td><td colspan="4">从春分日到秋分日太阳在地平线以上
从秋分日到春分日太阳在地平线以下</td></tr>
<tr><td>66°34′N</td><td rowspan="5">$\alpha_{出} = 90°$
即正东；
$\alpha_{没} = 270°$
即正西</td><td>$\alpha_{出} = \alpha_{没} = 0°$
太阳升落都在北点</td><td rowspan="5">$\alpha = 90°$
即正东；
$\alpha = 270°$
即正西</td><td>$\alpha_{出} = \alpha_{没} = 180°$
太阳升落都在南点</td></tr>
<tr><td>23°26′N</td><td>$\alpha_{出} = 64°18'$
$\alpha_{没} = 295°42'$</td><td>$\alpha_{出} = 115°42'$
$\alpha_{没} = 244°18'$</td></tr>
<tr><td>0°</td><td>$\alpha_{出} = 66°34'$
$\alpha_{没} = 293°26'$</td><td>$\alpha_{出} = 113°26'$
$\alpha_{没} = 246°34'$</td></tr>
<tr><td>23°26′S</td><td>同23°26′N</td><td>同23°26′N</td></tr>
<tr><td>66°34′S</td><td>同66°34′N</td><td>同66°34′N</td></tr>
<tr><td>90°S</td><td colspan="4">从秋分日到春分日太阳在地平线以上
从春分日到秋分日太阳在地平线以下</td></tr>
</table>

2. 日出、日没时刻的计算

按下式可计算出日出、日没时以北京时间为标准的时刻T。

$$T = 12 - \{\cos^{-1}(\pm\tan\varphi\tan\delta) - (120° - \lambda)\}/15$$

式中，λ为当地地理经度；$(120° - \lambda)$为以北京时间为标准的经度差修正；12为以正午为起算点；15为将度数化为时数的系数，每h移动15°。

$\tan\varphi\tan\delta$前取负时，T为上午日出时刻；取正时，T为下午日没时刻，若表示为24时制，需加上12。

例如，沈阳φ = 41°46′ N，λ = 123°26′ E，夏至日δ = 23°26′ N，计算结果：日出为4.253时，即4时15.2分，日没为7.289时，即19时17.3分。

此式未考虑大气折光和太阳视半径的影响，把太阳仅仅当做一个发光点来处理的，因此计算结果有几分钟的误差。

3. 太阳上中天高度的计算

按下式可计算出太阳正午时上中天的太阳高度角$h_\odot$

$$h_\odot = 90° - |\varphi - \delta|$$

式中，φ，δ二者在同一半球δ取正，即当地夏季取正；不在同一半球δ取负，即当地冬季取负；相减后取绝对值。

如，沈阳，夏至日正午太阳高度的计算结果为71°43′。

铁岭（纬度为42°18′ N）冬至日（太阳直射点为23°26′ S）的正午太阳高度为：

$$h_\odot = 90° - |42°18' - (-23°26')|$$
$$= 90° - 65°44' = 24°16'。$$

这就是铁岭一年中正午太阳最低时的高度角。

各纬度“二分”、“二至”日正午太阳高度

纬度	春分日	夏至日	秋分日	冬至日
+90°	0°	23°26′	0°	−23°26′
+66°34′	23°26′	46°52′	23°26′	0°
+23°26′	66°34′	90°	66°34′	43°08′
0°	90°	66°34′	90°	66°34′
−23°26′	66°34′	43°08′	66°34′	90°
−66°34′	23°26′	0°	23°26′	46°52′
−90°	0°	−23°26′	0°	23°26′

4. 各纬度冬至、夏至日日出、日没视太阳时表

纬度 /°N	夏至日（6月22日）				冬至日（12月22日）			
	日出时刻		日没时刻		日出时刻		日没时刻	
	时	分	时	分	时	分	时	分
65	1	26	22	34	10	34	13	26
60	2	45	21	15	9	15	14	45
55	3	27	20	33	8	33	15	27
50	3	56	20	04	8	04	15	56
45	4	27	19	43	7	43	16	27
40	4	35	19	25	7	25	16	35
35	4	49	19	11	7	11	16	49
30	5	02	18	58	6	58	17	02
25	5	13	18	47	6	47	17	13
20	5	23	18	37	6	37	17	23
15	5	34	18	26	6	26	17	34
10	5	43	18	17	6	17	17	43
5	5	52	18	08	6	08	17	52
0	6	00	18	00	6	00	18	00

5. 全年时差表

日期	1月 分 秒	2月 分 秒	3月 分 秒	4月 分 秒	5月 分 秒	6月 分 秒
1	−3 12	−13 36	−12 41	−4 41	+2 50	+2 31
2	−3 41	−13 44	−12 30	−3 58	+2 57	+2 23
3	−4 09	−13 51	−12 18	−3 40	+3 05	+2 13
4	−4 39	−13 58	−12 05	−3 22	+3 11	+2 01
5	−5 04	−14 04	−11 52	−3 04	+3 17	+1 54
6	−5 31	−14 09	−11 39	−2 47	+3 23	+1 43
7	−5 57	−14 13	−11 25	−2 29	+3 28	+1 33
8	−6 24	−14 17	−11 11	−2 12	+3 22	+1 22
9	−6 49	−14 20	−10 56	−1 55	+3 36	+1 10
10	−7 14	−14 22	−10 41	−1 39	+3 39	+0 59
11	−7 39	−14 23	−10 26	−1 22	+3 42	+0 47
12	−8 03	−14 23	−10 10	−1 06	+3 44	+0 35
13	−8 27	−14 23	−9 54	−0 50	+3 45	+0 23
14	−8 49	−14 22	−9 38	−0 35	+3 46	+0 10
15	−9 12	−14 20	−9 21	−0 20	+3 47	+0 02
16	−9 33	−14 18	−9 04	−0 05	+3 46	−0 15
17	−9 54	−14 14	−8 27	+0 10	+3 45	−0 28
18	−9 14	−14 10	−8 20	+0 24	+3 44	−0 41
19	−10 34	−14 05	−8 13	+0 34	+3 42	−0 54
20	−10 55	−14 00	−7 55	+0 51	+3 40	−1 07
21	−11 11	−13 54	−7 37	+1 04	+3 37	−1 20
22	−11 28	−13 47	−7 19	+1 17	+3 33	−1 33
23	−11 44	−13 39	−7 01	+1 29	+3 29	−1 46
24	−12 00	−13 31	−6 43	+1 41	+3 25	−1 59
25	−12 15	−13 22	−6 24	+1 52	+3 20	−2 11
26	−12 29	−13 13	−6 06	+2 03	+3 14	−2 24
27	−12 42	−13 03	−5 48	+2 13	+3 08	−2 37
28	−12 54	−12 53	−5 29	+2 23	+3 02	−2 49
29	−13 06	—	−5 11	+2 32	+2 55	−3 01
30	−13 16	—	−4 53	+2 41	+2 48	−3 14
31	−13 26	—	−4 34	—	+2 40	—

续表

日期	7月 分 秒	8月 分 秒	9月 分 秒	10月 分 秒	11月 分 秒	12月 分 秒
1	−3 25	−6 14	−0 17	+9 58	+16 19	+11 17
2	−3 37	−6 11	+0 01	+10 17	+16 21	+10 55
3	−3 49	−6 07	+0 20	+10 36	+16 22	+10 32
4	−4 00	−6 03	+0 40	+10 55	+16 22	+10 09
5	−4 11	−5 58	+0 59	+11 13	+16 21	+9 45
6	−4 21	−5 52	+1 19	+11 33	+16 20	+9 20
7	−4 32	−5 46	+1 39	+11 49	+16 18	+8 55
8	−4 42	−5 29	+1 59	+12 06	+16 15	+8 29
9	−4 51	−5 32	+2 19	+12 23	+16 11	+8 03
10	−5 01	−5 24	+2 40	+12 40	+16 06	+7 36
11	−5 09	−5 16	+3 00	+12 56	+16 00	+7 09
12	−5 18	−5 06	+3 21	+13 11	+15 54	+6 42
13	−5 26	−4 57	+3 42	+13 26	+15 47	+6 14
14	−5 33	−4 47	+4 03	+13 40	+15 39	+5 45
15	−5 40	−4 36	+4 24	+13 55	+15 30	+5 17
16	−5 47	−4 24	+4 46	+14 09	+15 20	+4 48
17	−5 53	−4 12	+5 07	+14 22	+15 10	+4 19
18	−5 58	−4 00	+5 28	+14 34	+14 58	+3 50
19	−6 03	−3 47	+5 50	+14 46	+14 46	+3 21
20	−6 07	−3 34	+6 11	+14 57	+14 33	+2 51
21	−6 11	−3 20	+6 32	+15 08	+14 19	+2 21
22	−6 14	−3 05	+6 53	+15 18	+14 05	+1 52
23	−6 17	−2 50	+7 15	+15 27	+13 49	+1 22
24	−6 19	−2 35	+7 36	+15 36	+13 33	+0 52
25	−6 20	−2 15	+7 57	+15 44	+13 16	+0 22
26	−6 21	−2 03	+8 17	+15 51	+12 58	+0 08
27	−6 22	−1 46	+8 38	+15 58	+12 39	−0 38
28	−6 21	−1 29	+8 58	+16 04	+12 20	−1 07
29	−6 20	−1 12	+9 18	+16 09	+12 00	−1 37
30	−6 19	−0 54	+9 08	+16 13	+11 39	−2 06
31	−6 17	−0 36	—	+16 16	—	−2 35

6. 我国主要城市的经纬度

地名	经度/°E	经度/时角	纬度/°N
北京天安门	116°27′36″	7°45′50″	39°55′12″
中国气象局	116°19′00″	7°45′16″	39°57′00″
上海	121°28′48″	8°05′55″	31°13′12″
天津	117°12′00″	7°48′48″	39°07′48″
重庆	106°32′24″	7°06′10″	29°35′24″
石家庄	114°28′48″	7°37′55″	38°01′48″
太原	112°31′48″	7°30′07″	37°52′12″
呼和浩特	111°39′00″	7°26′36″	40°49′12″
哈尔滨	126°37′48″	8°26′31″	45°45′00″
齐齐哈尔	123°55′00″	8°15′40″	47°23′00″
牡丹江	129°36′00″	8°38′24″	44°34′00″
长春	125°21′00″	8°21′24″	43°52′48″
吉林	126°55′13″	8°27′41″	43°47′00″
大连	121°36′09″	8°06′32″	38°54′45″
沈阳	123°26′00″	8°13′44″	41°46′00″
青岛	120°25′00″	8°01′40″	36°09′00″
济南	116°58′00″	7°47′52″	36°39′00″
南京	118°46′48″	7°55′07″	32°52′24″
合肥	117°16′12″	7°49′05″	31°51′24″
杭州	120°11′24″	8°00′46″	30°15′24″
南昌	115°53′24″	7°43′34″	28°40′48″
福州	119°18′00″	7°57′12″	26°04′48″
郑州	113°39′00″	7°34′36″	34°45′24″
武汉	114°18′24″	7°37′14″	30°31′12″
长沙	112°50′00″	7°31′20″	28°12′36″
广州	113°13′48″	7°32′55″	23°09′36″
深圳	114°04′12″	7°36′17″	22°37′12″
南宁	108°19′48″	7°13′19″	22°50′24″
海口	110°21′00″	7°21′24″	20°01′12″
西安	108°57′00″	7°15′48″	34°16′12″
银川	106°16′12″	7°05′05″	38°28′12″
兰州	103°43′48″	6°54′55″	36°01′48″

续表

地名	经度/°E	经度/时角	纬度/°N
西宁	101°44′24″	6°46′58″	36°33′36″
乌鲁木齐	87°40′48″	5°50′43″	43°46′12″
喀什	75°59′00″	5°03′56″	39°28′00″
成都	104°03′36″	6°56′14″	30°40′12″
贵阳	106°42′36″	7°06′50″	26°34′12″
昆明	102°43′48″	6°50′53″	25°02′24″
拉萨	91°06′36″	6°04′26″	29°58′12″
台北	120°30′00″	8°02′00″	25°00′00″
香港	114°06′00″	7°36′24″	22°12′00″
澳门	113°19′48″	7°33′19″	22°07′48″

注：各城市的观测地点不同，其经度纬度数值也不同，应用时须注意。

7. 二十四节气日期及太阳的赤经、赤纬

节气	太阳赤经/(°)	太阳赤纬/(° ′)	公历日期	间隔日数/d
立春	315	−16°23′	02–04（05）	14.83
雨水	330	−11°29′	02–18（19）	14.93
惊蛰	345	−5°53′	03–05（06）	15.04
春分	0	0°00′	03–20（21）	15.17
清明	15	+5°51′	04–04（05）	15.30
谷雨	30	+11°19′	04–20（21）	15.43
立夏	45	+16°22′	05–05（06）	15.54
小满	60	+20°04′	05–21（22）	15.64
芒种	75	+22°35′	06–05（06）	15.70
夏至	90	+23°26′	06–21（22）	15.73
小暑	105	+22°39′	07–07（08）	15.71
大暑	120	+20°12′	07–22（23）	15.68
立秋	135	+16°18′	08–07（08）	15.61
处暑	150	+11°38′	08–23（24）	15.51
白露	165	+5°55′	09–07（08）	15.38
秋分	180	0°00′	09–23（24）	15.25
寒露	195	−5°40′	10–08（09）	15.12
霜降	210	−11°33′	10–23（24）	15.00

续表

节气	太阳赤经/(°)	太阳赤纬/(° ′)	公历日期	间隔日数/d
立冬	225	−16°24′	11–07（08）	14.89
小雪	240	−20°13′	11–22（23）	14.80
大雪	255	−22°32′	12–07（08）	14.75
冬至	270	−23°26′	12–21（22）	14.72
小寒	285	−22°34′	01–07（08）	14.72
大寒	300	−20°14′	01–20（21）	14.76

注：交节气的具体时刻可查日历或《天文年历》。

太阳赤纬计算公式有许多，计算结果略有差异。下面给出一个较简单的公式供参考：$\delta=\sin^{-1}$（0.397 7sinλ），式中δ为太阳赤纬，λ为太阳赤经，$\sin^{-1}$为反正弦函数。

8. 1等星和某些2等星的赤经、赤纬

序号	星名（中名）	距离/光年	视星等/(等)	赤经 时 分 秒	赤纬/(° ′ ″)
1	仙后座β（王良一）		2.40	0 6 36.1	+58°53′06″
2	仙后座α（王良四）		2.50	0 37 46.1	+56°16′28″
3	仙后座γ（策）		2.30	0 53 47.6	+60°27′26″
4	波江座α（水委一）	130.0	0.48	1 37 00.0	-57°20′00″
5	小熊座α（勾陈一）		2.10	1 49 13.7	+89°02′45″
6	英仙座β（大陵五）		2.30~3.50	3 05 02.2	+40°46′20″
7	英仙座α（天船三）		1.90	3 20 53.0	+49°41′32″
8	金牛座α（毕宿五）	68.0	0.85	4 35 00.0	+16°28′00″
9	猎户座β（参宿七）	850.0	0.11	5 14 00.0	−08°13′00″
10	御夫座α（五车二）	45.0	0.08	5 15 00.0	+45°59′00″
11	猎户座γ（参宿五）		1.70	5 22 33.3	+06°18′28″
12	金牛座β（五车五）		1.80	5 23 15.3	+28°34′08″
13	猎户座δ（参宿三）		2.50	5 29 33.2	−00°19′59″
14	猎户座ε（参宿二）		1.80	5 33 46.6	−01°13′52″
15	猎户座ζ（参宿一）		2.10	5 38 20.1	−01°57′59″
16	猎户座α（参宿四）	650.0	0.80	5 54 00.0	+07°24′00″
17	御夫座β（五车三）		2.10	5 56 04.0	+44°56′41″
18	大犬座β（军市一）		2.00	5 20 35.1	−17°55′51″
19	船底座α（老人）	190.0	−0.73	6 24 00.0	−52°41′00″
20	双子座γ（井宿三）		1.90	6 34 56.3	+16°26′31″

续表

序号	星名（中名）	距离/光年	视星等/(等)	赤经 时 分 秒	赤纬/(° ′ ″)
21	大犬座α（天狼星）	8.64	−1.46	6 45 08.0	−16°42′58″
22	大犬座ε（弧矢七）		1.60	6 56 14.3	−28°54′20″
23	大犬座δ（弧矢一		2.00	7 06 26.3	−26°18′57″
24	双子座α（北河二）		1.60	7 31 32.3	+31°59′44″
25	小犬座α（南河三）	11.41	0.35	7 38 00.0	+05°17′00″
26	双子座β（北河三）	36.0	1.15	7 44 00.0	+28°05′00″
27	狮子座α（轩辕十四）	84.0	1.35	10 07 00.0	+12°04′00″
28	大熊座β（天璇）		2.40	10 58 57.5	+56°38′24″
29	大熊座α（天枢）		2.00	11 00 46.9	+62°00′38″
30	狮子座β（五帝座一）		2.20	11 46 36.7	+14°50′26″
31	大熊座γ（天权）		2.50	11 58 18.9	+53°57′42″
32	南十字β（十字架三）	490.0	1.24	12 47 00.0	−59°35′00″
33	大熊座ε（玉衡）		1.70	12 51 55.4	+56°13′12″
34	大熊座h（开阳）		2.40	13 21 49.7	+55°10′32″
35	室女座α（角宿一）	270.0	1.08	13 24 00.0	−11°03′00″
36	大熊座η（摇光）		1.90	13 45 39.0	+49°33′08″
37	半人马座β（马腹一）	480.0	0.60	14 02 00.0	−60°16′00″
38	牧夫座α（大角）	36.0	−0.06	14 15 39.7	+19°10′57″
39	半人马座α（南门二）	4.35	−0.27	14 36 19.5	−60°38′19″
40	小熊座β（帝）		2.20	14 50 49.3	+74°21′06″
41	北冕座α（贯宿四）		2.30	15 32 39.2	+26°52′30″
42	天蝎座α（心宿二）	425.0	0.92	16 28 00.0	−26°23′00″
43	南三角座α（三角形三）		1.90	16 43 33.8	−68°56′33″
44	蛇夫座α（候）		2.10	17 32 42.3	+12°35′37″
45	天龙座γ（天培四）		2.40	17 55 29.1	+51°29′38″
46	人马座ε（箕宿三）		2.00	18 20 59.2	−34°24′34″
47	天琴座α（织女一）	26.5	0.04	18 36 00.0	+38°46′00″
48	天鹰座α（河鼓二）	16.1	0.77	19 50 00.0	+08°49′00″
49	天鹅座γ（天津一）		2.10	20 20 30.2	+40°06′08″
50	天鹅座α（天津四）	1 600.0	1.25	20 41 00.0	+45°12′00″
51	飞马座ε（危宿三）		2.50	21 41 49.6	+09°39′15″
52	南鱼座α（北落师门）	23.0	1.16	22 57 00.0	−29°44′00″
53	飞马座β（室宿二）		2.60	23 01 26.6	+27°49′20″
54	飞马座α（室宿一）		2.60	23 02 22.0	+14°56′48″
55	仙王座γ（天皇大帝）		3.40	23 39 20.9	+77°37′57″

9. 北半球各纬度的最长昼和最短昼

纬度/°N	最长昼 时 分	最短昼 时 分	纬度/°N	最长昼 时 分	最短昼 时 分
0°	12 07	12 07	50°	16 22	8 05
10°	12 43	11 33	55°	17 23	7 10
20°	13 21	10 55	60°	18 52	5 53
30°	14 05	10 13	65°	22 03	3 36
40°	15 01	9 22	65°43′	24 00	3 03
45°	15 37	8 46	67°25′	45 d（5月30日—7月13日）	0 00

10. 极地地区各纬度的极昼期和极夜期

d

纬度	北半球		南半球	
	极昼期	极夜期	极昼期	极夜期
70°	72（5月17日—7月27日）	53（11月26日—1月17日）	69（11月18日—1月25日）	56（5月25日—7月19日）
75°	108（4月29日—8月14日）	93（11月6日—2月6日）	103（11月1日—2月11日）	98（5月4日—8月9日）
80°	138（4月14日—8月29日）	123（10月22日—2月22日）	132（10月17日—2月25日）	128（4月19日—8月24日）
85°	165（4月1日—9月12日）	149（10月8日—3月5日）	157（10月4日—3月9日）	156（4月5日—9月7日）
90°	191（3月19日—9月25日）	174（9月26日—3月18日）	184（9月21日—3月23日）	181（3月24日—9月20日）

11. 行星公转轨道要素

行星	对黄道面的倾角/(°)	恒星公转周期	会合周期/d	自转周期	公转速度/(km·s⁻¹)
水　星	7.0	87.97 d	115.88	58.6 d	47.89
金　星	3.4	224.70 d	583.92	243.0 d	35.03
地　球	0	365.26 d	—	23 h 56 min	29.79
火　星	1.8	1.88 a	779.94	24 h 37 min	24.13
木　星	1.3	11.86 a	398.88	9 h 50 min	13.06
土　星	2.5	29.46 a	378.09	10 h 14 min	9.64
天王星	0.8	84.01 a	369.66	约16 h	6.81
海王星	1.8	164.79 a	367.49	17 h 48 min	5.43

12. 八大行星相对于太阳的一些资料

天体	距离/AU	赤道直径/地球为1	质量/地球为1	轨道半径/AU	轨道倾角/(°)	公转周期/a	自转周期/d	发现卫星数/个
太阳	0	109	332 946.000	—	—	—	27.275 00	—
水星	0.39	0.382	0.055	0.387	7.0	0.24	58.650 00	0
金星	0.72	0.949	0.815	0.723	3.4	0.62	243.018 50(逆向)	0
地球	1.00	1.00	1.000	1.000	0	1.00	0.997 27	1
火星	1.5	0.53	0.107	1.524	1.8	1.88	1.025 69	2
木星	5.2	11.2	317.833	5.203	1.3	11.86	0.409 72	63
土星	9.5	9.41	95.159	9.539	2.5	29.46	0.426 39	34
天王星	19.2	3.98	14.500	19.267	0.8	84.01	0.646 00	29
海王星	30.1	3.81	17.204	30.240	1.8	164.79	0.658 00	13

注：赤道直径以地球赤道直径为单位，质量以地球质量为单位，距离和轨道半径以天文单位（AU）为单位；卫星数截至2005年底。